

Treball de Fi de Grau

Grau en tecnologies Industrials

Generació d'energia elèctrica d'un gimnàs

Memòria

Autor: Carles Miró Torras
Director: Jordi Garcia Boixes
Convocatòria: 07/16



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



Resum

Al llarg d'aquest treball s'ha desenvolupat un sistema que permet generar energia elèctrica a partir d'una font renovable com és l'energia cinètica generada per persones durant la seva pràctica d'spinning, una activitat aeròbica que es realitza sobre una bicicleta estàtica en un gimnàs. Aquesta energia actualment no s'aprofita i es dissipa en forma de calor, i d'aquesta manera el sistema que es proposa preveu ser capaç d'emmagatzemar-la per després subministrar-la a tota la instal·lació lumínica de l'àrea d'estudi, en aquest cas el gimnàs DIR CLARIS, ubicat a Barcelona.

Per tal de dur a terme tota la instal·lació, s'han utilitzat mòduls elèctrics (generadors, reguladors de tensió, bateries...) que s'encarregaran del procés de generació i gestió de l'energia produïda. S'ha procurat fer ús de material tècnicament compatible amb el projecte però alhora econòmicament viable, per tal de presentar una proposta factible i completa.

Amb tota l'energia produïda, s'ha procedit a calcular la instal·lació de llum de tot el recinte. En primer lloc cal destacar que el sistema proporciona una tensió de 12 volts amb un corrent continu, i per tant s'ha suggerit canviar tot el sistema d'il·luminació fins ara present al gimnàs, per un sistema basat amb la tecnologia LED de baix consum i alimentat per corrent continu. D'aquesta manera s'ha aconseguit reduir el consum en un 78,2% però sempre mantenint la luminescència inicial.

Així doncs, amb els càlculs de generació d'energia realitzats i els càlculs del consum dels diferents punts de llum de tot el gimnàs, s'ha pogut comprovar que es genera suficient electricitat com per alimentar el nou sistema lumínic, i no tant sols això, sinó que l'excedent que en resulta representa un 157% del consum elèctric d'un dia i mig del gimnàs. Aquest excedent s'emmagatzemarà a les bateries per suplir la demanda en hores on no es generi res.

Finalment, el sistema ha resultat ser viable tant econòmicament com tècnicament, de tal manera que s'ha aconseguit reduir la factura de la llum del gimnàs en un 100%, doncs tota la que ha passat a consumir la subministra el sistema dissenyat. La inversió inicial a la qual s'ha de fer front es recupera en un període de 2 anys i 3 mesos, i a partir del tercer es gaudeix d'un benefici d'aproximadament 11.000,00€ cada any.

Sumari

RESUM	1
SUMARI	3
1. GLOSSARI	9
2. PREFACI	11
2.1. Origen del projecte	11
2.2. Motivació	11
3. ESTRUCTURA	12
4. INTRODUCCIÓ	13
4.1. Objectius del projecte.....	14
4.2. Abast del projecte	14
5. ESTUDI DE MERCAT	15
6. PLANIFICACIÓ	17
7. LA GENERACIÓ D'ENERGIA ELÈCTRICA	18
7.1. Conceptes previs	19
8. DESCRIPCIÓ DEL SISTEMA DE GENERACIÓ	21
8.1. Alternatives de generació.....	21
8.2. Mecànica de la generació	22
8.2.1. Sistema persona-generator	24
9. SELECCIÓ DE COMPONENTS DEL SISTEMA	26
9.1. Acoblament-Generator.....	26
9.1.1. Alternativa escollida	27
9.1.2. Característiques del grup acoblament-generator	28
9.2. La bicicleta estàtica	29
9.3. Gestió de l'energia	29
9.3.1. Injecció directa a xarxa	29
9.3.2. Bateria + xarxa	31
9.3.2.1. Conceptes previs a conèixer	32
9.3.3. Escenaris possibles amb alternatives 1 i 2	34
9.3.4. Bateria aïllada + punts d'il·luminació	36

9.4. Escenari elèctric actual.....	37
9.4.1. Tipus de connexió.....	37
9.4.1.1. Facturació neta	37
9.4.1.2. Tarifa de generació	38
9.5. Tria i justificació de l'alternativa	38
10. SISTEMA D'IL·LUMINACIÓ	41
10.1. Potència lumínica	41
10.2. Angle d'obertura del LED	42
10.3. La temperatura del color.....	42
10.4. Alternatives d'il·luminació	43
10.4.1. Tub fluorescent LED 12V	43
10.4.1.1. Descripció i característiques del producte	43
10.4.2. Bombeta de baix consum a 12V.....	44
10.4.2.1. Característiques del producte	44
10.5. Alternativa d'il·luminació proposada.....	46
10.5.1. Equivalència lumínica	47
11. IL·LUMINACIÓ FINAL	51
11.1. Sistema d'emergència	51
12. DIMENSIONAMENT DE COMPONENTS	53
12.1. Cablejat i proteccions	53
12.1.1. Canalitzacions	54
13. MESURES DE SEGURETAT I PRECAUCIONS	58
13.1. Proteccions	58
13.2. Estructura d'acoblament.....	58
13.3. Reguladors	58
13.4. Cablejat i canalitzacions	59
14. PRESSUPOST	60
15. IMPACTE AMBIENTAL	62
15.1. Impacte ambiental durant el funcionament.	63
16. NORMATIVA.....	64
17. PLEC DE CONDICIONS.....	66
17.1. Objecte i generalitats	66

17.2. Responsabilitats	67
17.3. Components i materials	67
17.3.1. Generalitats	67
17.3.2. Reguladors de càrrega	68
17.3.3. Cablejat.....	69
17.3.4. Canalitzacions o tubs protectors.....	69
CONCLUSIONS	71
AGRAÏMENTS	73
BIBLIOGRAFIA	74

Taula d'il·lustracions

Taules

Taula 1. Planificació global	17
Taula 2. Distribució de mòduls alternativa 1	21
Taula 3. Distribució de mòduls alternativa 2	21
Taula 4. Distribució de mòduls alternativa 3	22
Taula 5. Esquema de mòduls	30
Taula 6. Esquema bateria + xarxa	31
Taula 7. Característiques lumíniques segons temperatura	44
Taula 8. Consum total de la instal·lació actual	48
Taula 9. Consum alternatiu	49
Taula 10. Secció dels tubs canalitzadors en funció del número de conductors	54
Taula 11. Característiques de tubs subterranis	55
Taula 12. Taula de pressupost	60
Taula 13. Taula de rentabilitat	61

Il·lustracions

Il·lustració 1. Logo GreenMicroGym	15
Il·lustració 2. Disseny de generador (TheGreenRevolution)	16
Il·lustració 3. Dinamo de caixa	18
Il·lustració 4. Generador de contínua a 350W	20
Il·lustració 5. Esquema de força de pedaleig	23
Il·lustració 6. Sistema d'acoblament directe	26
Il·lustració 7. Sistema d'acoblament per rodaments	27

Il·lustració 8. Sistema d'acoblament a llanta	27
Il·lustració 9. Esquema de transmissió	28
Il·lustració 10. Model de bicicleta del gimnàs	29
Il·lustració 11. Inversor HD PURA ONDA	30
Il·lustració 12. Regulador MINO 360W	31
Il·lustració 13. Bateria FORMULA STAR	33
Il·lustració 14. Angles d'obertura possibles per a llum LED	42
Il·lustració 15. Tub LED 12V SMD	43
Il·lustració 16. Bombetes LED 10,5V 11W	45
Il·lustració 17. Llum PHILLIPS FBH instal·lada actualment al gimnàs	47
Il·lustració 18. SMART SPOTLED BBG360-300 instal·lat als vestuaris	48

Gràfics

Gràfic 1. Representació de la velocitat de la roda de la bicicleta	24
Gràfic 2. Representació mitjana de les velocitats per a 3 candidats	25
Gràfic 3. Corba velocitat-potència per a la dinamo HANGYAN	28
Gràfic 4. Funció DoD d'una bateria	32

Equacions

Equació 1. Moment	23
Equació 2. Potència	23
Equació 3. Estalvi lumínic	50
Equació 4. Secció cables	53

1. Glossari

DDP = caiguda de potencial

Kw·h = mesura internacional de potència elèctrica

A·h = unitat de càrrega elèctrica que passa per els borns d'una bateria

W = mesura internacional de potència

I = mesura internacional d'intensitat

Profunditat de descàrrega = quantitat mínima de càrrega residual que ha de quedar a la bateria per a que aquesta pugui funcionar

ICP = interruptor de control de potència

RPM = mesura de velocitat angular (revolucions per minut) (min^{-1})

Lúmens = mesura del sistema internacional per a mesurar fluxos lluminosos

Grid-Tie = tecnologia que és capaç de sincronitzar la corrent que s'inverteix a la freqüència de la xarxa

2. Prefaci

2.1. Origen del projecte

El projecte realitzat és el primer pas escrit d'una idea sorgida a mitjans de 2011, on se'm va proposar dur-la a terme per al TREBALL DE RECERCA. Tot i així, al ser un projecte que requeria d'un temps i uns coneixements dels quals no es disposava en el seu moment, va quedar apartat, però sempre present, amb la intenció de desenvolupar-lo com a TREBALL DE FINAL DE GRAU.

2.2. Motivació

La meva passió per tot el món de l'esport és el principal motiu per el qual s'ha realitzat aquest treball. La dedicació, esforç i disciplina que he mantingut durant aquests últims 3 anys m'han portat a voler desenvolupar una sistema amb el qual es pugui generar energia elèctrica a partir del moviment, convertint l'esport en un acte lúdic i alhora respectuós amb el medi ambient.

3. Estructura

Aquest document està estructurat de la següent manera:

En primer lloc es descriuran generalitats sobre la generació d'energia elèctrica a partir de les bicicletes, establint una configuració i característiques generals per al sistema que es pretén dissenyar.

En segon lloc es presentarà la selecció dels components del sistema (bicicleta, acoblament-generador, inversor, regulador i bateria. Així com el disseny de les instal·lacions elèctriques, tant per el sistema de generació com per al gimnàs.

A continuació, es descriurà la interfície persona-bicicleta i la instrumentació elèctrica pertinent, a fi de poder monitoritzar les variables (tensió, corrent i velocitat) per tal de conèixer el funcionament del sistema de generació.

Finalment s'exposaran les consideracions energètiques i econòmiques del sistema dissenyat, presentant uns resultats que posaran de manifest si el sistema és viable o no i redactant unes conclusions.

4. Introducció

Les fonts d'energia són recursos naturals a partir dels quals es pot obtenir treball. Les mateixes es classifiquen en dos grans grups: renovables (o energies del futur) i no renovables; segons siguin recursos "il·limitats" o "limitats", respectivament.

Les primeres són fonts inexhauribles, però que encara presenten grans dificultats de emmagatzematge i són menys eficients, ja que les instal·lacions tenen poca potència i el cost de producció és elevat. En l'actualitat les més importants són: l'energia solar, l'eòlica, la hidràulica i la biomassa.

Les fonts d'energia no renovables són aquelles que es troben en forma limitada en el planeta i la velocitat del seu consum és més gran que la de la seva regeneració. Aquestes inclouen els combustibles fòssils (carbó, petroli i gas natural) i l'energia nuclear, la qual és una forma de producció de grans potències a baix cost, però amb un alt risc de contaminació radioactiva, la qual cosa fa que generi cert rebuig social.

La major part de l'energia que es produeix en l'actualitat prové de fonts no renovables, de les quals moltes s'esgotaran en els propers anys, per la qual cosa cal recórrer a altres fonts d'energia que siguin no només renovables sinó també que contaminin menys que les actuals.

Aquest treball apunta justament a experimentar a petita escala l'aprofitament d'una font renovable com és l'energia cinètica que produeix l'ésser humà en efectuar una activitat física i que en absència d'un sistema que permeti transformar-la, es dissipa en forma de calor.

L'aprofitament del que es parla té conseqüències positives no tant sols a nivell econòmic, sinó també a nivell mediambiental, ja que vetlla per la utilització de les energies renovables enfront les convencionals.

4.1. Objectius del projecte

L'objectiu d'aquest projecte és aprofitar l'energia acumulant-la en bateries per després utilitzar-la quan la demanda ho requereixi, de manera que es pugui subministrar energia per a la il·luminació completa del gimnàs. El sistema està format per elements que es troben disponibles actualment en el mercat i s'explica breument el funcionament de cada un d'ells per tal d'entendre el funcionament global del sistema.

4.2. Abast del projecte

La redacció d'aquesta memòria té com a finalitat estudiar un sistema que permeti obtenir un benefici econòmic a partir de prescindir del subministrament elèctric per a la il·luminació d'un gimnàs. Es durà a terme un anàlisi de la gestió de l'energia que es genera i com aquesta es distribueix per tot el recinte. S'analitzaran les dades resultants proporcionades per els diferents càlculs que es realitzin i es determinarà l'eficiència elèctrica i la rendibilitat econòmica del conjunt.

5. Estudi de mercat

No és freqüent sentir a parlar de cogeneració als gimnasos, i és que apart de ser una idea bastant recent, requereix d'una inversió econòmica que no tothom està disposat a fer. És per això que els pocs projectes de cogeneració ens instal·lacions esportives es duen a terme a cadenes molt grans que tenen suficient suport econòmic i que volen liderar una revolució per tal de captar més clientela.

Va ser a l'any 2008, quan Adam Boesel, un professor nord-americà apassionat per l'esport va pensar en la idea de convertir l'energia cinètica de les màquines del gimnàs en energia elèctrica. Així va ser com va iniciar el seu primer projecte a Portland, Oregon. The Green MicroGym és com va batejar la seva idea, que consistia en dissenyar el seu propi sistema de cogeneració, ja que no existia al mercat una solució prou bona per el seu problema que fos rentable i assequible per un petit negoci. Després d'investigar, va llençar al mercat una bicicleta que connectada a un generador subministrava suficient energia com per introduir-la a la xarxa, carregar un mòbil o guardar-la en una bateria per després alimentar les llums del gimnàs.



Il·lustració 1. Logo GreenMicroGym

A

grans trets, el seus gimnasos utilitzen fins un 85% menys energia que un tradicional, i les seves emissions de diòxid de carboni representen una dècima part de la que generen altres gimnasos, per metre quadrat. Per fer-se una idea, un client d'aquest gimnàs estalvia $\frac{1}{4}$ de tona de diòxid de carboni a l'any en comparació a si estigués inscrit en un gimnàs normal.

En paral·lel a Adam Boesel va sorgir també una empresa (The Green Revolution Inc.) dedicada a la fabricació d'aparells que s'acobraven a la part davantera de les bicicletes estàtiques per tal de produir energia elèctrica i utilitzar-la per suplir la demanda del gimnàs. Aquesta segona, però, oferia uns preus elevats per els seus dispositius i no era rentable la seva instal·lació.

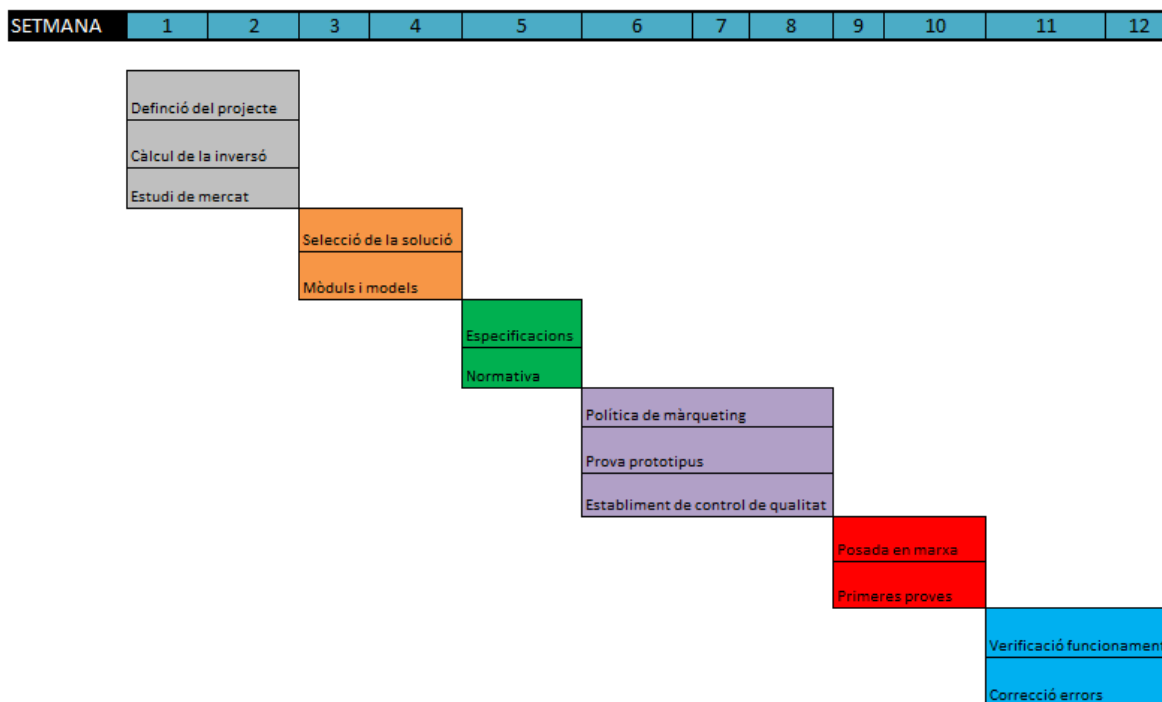
The green revolution inc. és també una iniciativa de canvi cap a les energies renovables que s'està duent a terme a través de l'empresa GYRE9. L'objectiu d'aquesta empresa és aprofitar l'esforç de les persones per tal de generar energia elèctrica. Aquest ambiciós projecte ja ha començat a donar els seus primers resultats, no només en l'àmbit esportiu, on ja s'han llençat al mercat bicicletes d'spinning que ja duen incorporat un generador, sinó també en l'àmbit domèstic, i tot el sector que pugui englobar algun tipus de energia renovable per al seu funcionament.



Il·lustració 2. Disseny de generador (TheGreenRevolution)

6. Planificació

Per a la instal·lació i posada en marxa del sistema, s'ha cregut oportú considerar un espai de temps de 3 mesos, el qual és un període de 12 setmanes. Durant aquestes setmanes es procedirà de la manera que indica la taula



Taula 1. Planificació global

Tal i com s'aprecia entre la setmana 6 i 9, està definida una política de màrqueting. Tot i que el treball no es centrarà en aquest aspecte, doncs es considera aliè al càlcul de la instal·lació, cal explicar breument perquè s'ha tingut en compte. Una instal·lació d'aquest caire és digna de cert reconeixement, i doncs per a poder donar-se a conèixer és necessària una campanya publicitària en condicions. Trobant-nos davant d'una cadena de gimnasos tant gran, el cost d'aquesta campanya és perfectament assumible, i més si la finalitat de tot el sistema és, en part, augmentar el número de clients apuntats que es decidiran a formar part d'una iniciativa respectuosa amb el medi ambient a l'hora que milloraran la seva salut física.

7. La generació d'energia elèctrica

Una dinamo de bicicleta és un dispositiu mecànic que genera electricitat a partir de l'energia rotatòria de la roda d'una bicicleta. Normalment la peça mòbil és l'imant, que es mou solidari amb l'eix. Aquest al mateix temps té en el seu extrem la corona que es recolza sobre el pneumàtic.

A les dinamo de caixa l'eix de la roda és l'eix solidari de l'imant. En definitiva, en una dinamo una part del generador gira (el rotor) i l'altra part roman immòbil (l'estator). El rotor es compon d'imants permanents d'un cert tipus i l'estator està constituït per bobines de filferro. El camp magnètic del rotor es transfereix a les bobines de l'estator cada cop que dona una volta sencera i n'indueix electricitat la qual s'aboca a través del cablejat cap a una dispositiu capaç d'aprofitar-la, en aquest cas la bombeta del far de la bicicleta. No obstant, l'electricitat produïda també pot aprofitar-se per recarregar el mòbil i altres dispositius sempre que s'adaptin al voltatge i potència de la dinamo.

I aquesta idea és la que es desenvoluparà per tal d'estudiar quin pot ser l'efecte sobre el consum total d'una instal·lació de grans dimensions que disposa d'un elevat nombre de bicicletes que conjuntament i amb els dispositius necessaris, permetin subministrar una potència tal que comporti un estalvi a la factura elèctrica.



Il·lustració 3. Dinamo de caixa

7.1. Conceptes previs

Les característiques d'una dinamo vénen determinades per una capacitat de generació de corrent elèctrica i per la seva velocitat de gir. Pel que fa a la capacitat, cal distingir entre la capacitat nominal i la capacitat màxima real. La capacitat nominal és la necessària per al consum normal dels aparells d'utilització permanent.

Es pot dir que equival als $2/3$ de la capacitat màxima. La capacitat màxima és, en canvi, la que s'obté a la seva màxima velocitat de gir.

Pel que fa a la velocitat de gir cal distingir entre la de potència zero, la de connexió, la nominal i la màxima, a causa de la variació del règim de velocitats que experimenta la dinamo des del moment de l'arrencada fins a obtenir la velocitat màxima.

- La velocitat de potència zero és la que aconsegueix la dinamo quan ja aquesta calenta i adquireix la tensió nominal, però encara no produeix el corrent necessari per subministrar l'energia necessària al circuit.
- La velocitat de connexió és la velocitat a un règim de revolucions que determina la seva connexió a la xarxa a l'haver tancat el circuit i estar en disposició de transmetre potència, tot i que sigui quasi nul·la.
- La velocitat nominal serà aquella en la qual la dinamo gira a un rang de revolucions tal que subministra la potència necessària al circuit sense realitzar un sobreesforç ni escalfar-se en excés.
- La velocitat màxima és la més gran que pot tolerar la dinamo sense produir un grau d'escalfament tal que sigui perillós per al seu funcionament. Aquesta velocitat màxima estarà compresa entre 3.000 i 8.000 revolucions per minut, depenent del model.

A l'hora de triar la que millor s'adapti a les necessitats que es requereixen, es tindrà en compte quin és el rang de revolucions al qual treballa una bicicleta estàtica per tal de no superar, però tampoc quedar-se curt, el rang nominal de la dinamo, i així treure el màxim rendiment de l'opció escollida.

És clar que les dinamos de caixa, així com altres dinamos de característiques similars (dinamos per flanc o d'ampolla, dinamos de radi...), no són suficientment grans ni potents per subministrar l'energia que sol·licitarem, i encara que les característiques amb els quals

les hem definit també serveixen per la majoria de dinamos, optarem per una dinamo més completa pel que es refereix a prestacions.

En primer lloc, les que hem comentat al principi ens ofereixen un voltatge relativament baix (entre 3 i 6 V), i una potència escassa (entre 3 i 9 W) la qual cosa indica una intensitat també petita que pot abastir llums de baixa potència (fars de bicicletes convencionals...) o inclús si l'exercici és prolongat es poden carregar mòbils i ordinadors.

Per tant, si volem subministrar energia a la xarxa, i disposem d'unes bicicletes estàtiques que estan en funcionament durant una sèrie d'hores, la millor opció és una dinamo de 12V i 350W, doncs tal i com s'explicarà més endavant, és la potència mitjana que es pot subministrar per una persona de condicions físiques estàndard. Aquest tipus de dinamos solen treballar a un règim d'entre 1000 i 1500rpm, amb el qual s'haurà d'estudiar també quin és el ritme de pedaleig que s'ha d'assolir per tal d'estar dins el rang, i si aquest ritme és factible per una persona normal i es pot mantenir durant un cert temps.



Il·lustració 4. Generador de contínua a 350W

També és interessant comentar que es prendran una sèrie de consideracions a l'hora de determinar tant el número de bicicletes en funcionament per l'estudi, així com la diferenciació entre la potència que poden subministrar els homes i la que poden subministrar les dones, passant per el nombre de dies que el gimnàs estarà obert. Fent referència a aquest punts, convé dir que per a tenir una aproximació de les dades finals reals, es prendran els valors de totes les variables d'estudi de manera cautelosa, més aviat escassa per tal de garantir el compliment dels resultats, i en el cas de disposar de números reals més elevats a l'hora de la implementació del sistema dels que s'han estudiat, l'única repercussió seria un augment de l'energia produïda i un estalvi major.

8. Descripció del sistema de generació

En aquest document s'explica el procés a partir del qual s'aprofitarà l'energia cinètica desenvolupada per les cames d'una persona sobre una bicicleta estàtica. Generalment, aquesta energia es transforma en calor degut a la fricció amb el sistema de transmissió, el fre que porta incorporada la pròpia bicicleta i la pròpia roda.

Aquest aprofitament consistirà en transformar aquesta energia mecànica en elèctrica a partir de la dinamo anteriorment mencionada, que ens subministrarà a la sortida un corrent continu.

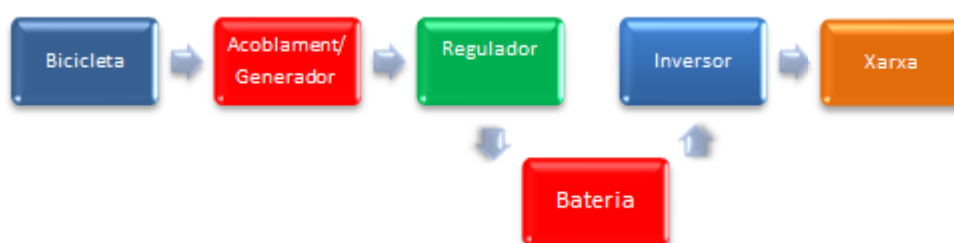
S'ha escollit i dissenyat el sistema de generació en funció de la velocitat que ens pot oferir la bicicleta, ja que la oferta de dinamos considera les seves prestacions segons aquest factor. Aquest generador de corrent continu es subjectarà a la bicicleta a partir d'una estructura que anomenarem acoblament. Més endavant es farà èmfasi en els detalls dels diversos acoblaments.

8.1. Alternatives de generació

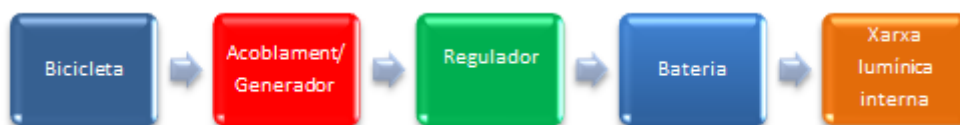
Al llarg del treball es proposaran 3 alternatives per gestionar el sistema de generació dividides de la següent manera: en primer lloc es plantejarà un estudi per a la realització d'una entrega íntegra de la potència a la xarxa, en segon lloc un sistema aïllat en el qual es recarregaran bateries per després utilitzar l'energia per introduir-la també a la xarxa, i finalment un sistema únicament basat en bateries que aprofitarà el corrent continu per alimentar punts de llum, sense necessitat d'introduir aquesta energia a la xarxa.



Taula 2. Distribució de mòduls alternativa 1



Taula 3. Distribució de mòduls alternativa 2



Taula 4. Distribució de mòduls alternativa 3

Com que ja hi ha un espai designat a cada gimnàs per a les sales d'esport, el nombre de bicicletes serà diferent en cada un, i cadascuna durà instal·lat un sistema de generació independent. Es descarta la possibilitat d'una connexió en paral·lel de generadors ja que sempre existirà una variació de la velocitat de pedaleig i per tant d'entrega de potència diferent en cada bicicleta.

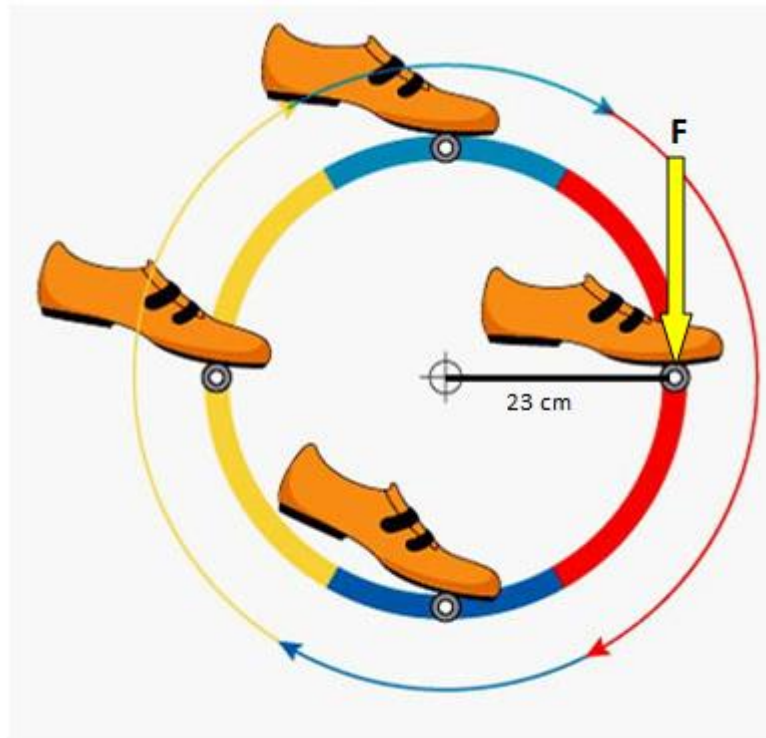
El sistema connectat a la xarxa comptaria amb 2 trams: Generador-Inversor i Inversor-xarxa. La prèvia gestió de l'energia elèctrica es duria a terme a través d'inversors Grid-tie .

Amb el sistema aïllat es fonamentaria en l'emmagatzament de l'energia elèctrica generada en temps real en bateries. Tal i com s'ha descrit en l'apartat anterior la gestió de l'energia es duria a terme a partir d'un inversor, en aquest cas de tipus Pure , reguladors i bateries. Els reguladors s'encarregaran d'acondicionar l'energia generada i regular la càrrega i descàrrega de les bateries.

I per últim, caldria tenir en compte també un sistema exclusiu de bateries que comptaria amb un generador, un regulador i les pròpies bateries. En aquest últim com s'ha mencionat anteriorment, no caldria fer ús d'inversors, doncs l'energia en forma de corrent continu s'utilitzaria directament per alimentar els punts de llum, instal·lant un tipus de LED de baix consum apte per a aquesta alimentació.

8.2. Mecànica de la generació

El funcionament mecànic de la bicicleta requereix d'un simple esforç que es transmet a partir de pedals. L'esforç normalment es regula a partir d'un sistema de fricció manual (regulador de resistència). Les bicicletes tenen acoblada una volant d'inèrcia d'una determinada massa que facilita el pedaleig, fent que aquest resulti suau i sense perill per lesionar-se. A efectes del treball, aquest volant formarà part de la transmissió que permetrà al generador transformar l'energia mecànica en elèctrica. Tal i com s'explicarà a continuació, la potència mitjana que una persona pot realitzar sobre una bicicleta és d'entre 250 i 400W, la mecànica del qual és la següent:



Il·lustració 5. Esquema de força de pedaleig

El moment que resulta de l'aplicació d'aquesta força ve donat per l'equació (1) :

$$M = F \times d$$

Equació 1. Moment

Agafant per mitjana, i sense distinció entre home i dona, una força d'aproximadament 290N, obtindríem un moment de 58N·m.

A partir d'aquí, i d'acord amb l'equació de la potència (2) , que relaciona el moment amb la velocitat angular,

$$P_m = M \cdot \omega$$

Equació 2. Potència

ens resulta que si es pogués aconseguir una velocitat $\omega=6.03$ rad/s, parlariem d'una potència mecànica de 350W. Aquest potència s'ha triat ja que està dins del rang que s'ha

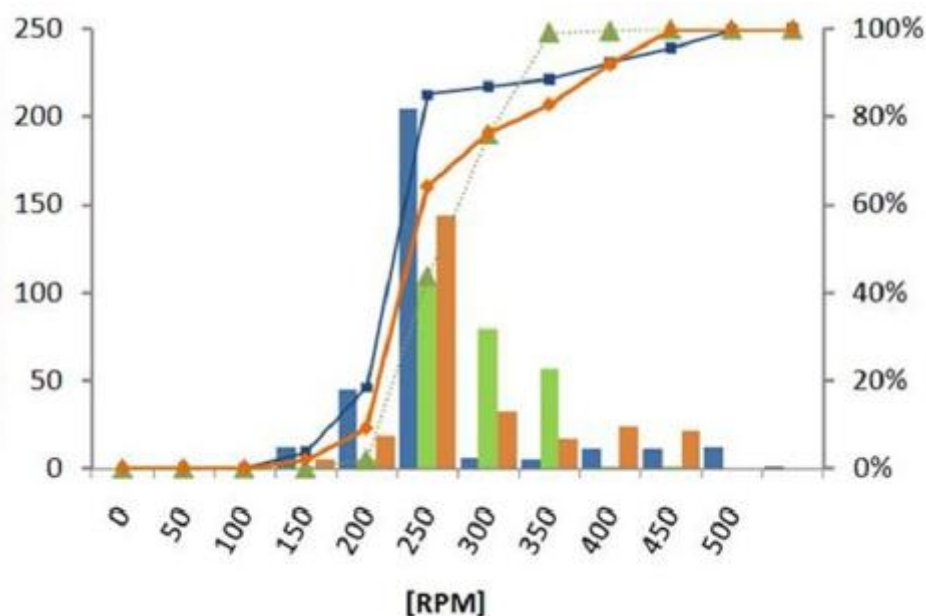
comentat anteriorment, i degut a que una classe d'spinning es caracteritza normalment per la seva exigència física, doncs la força als pedals no serà precisament petita. Cal dir també que les xifres que es comenten estan pensades per una persona estàndard, però a l'hora de realitzar l'exercici físic el barem de força, potència i velocitat serà diferent per a cada persona.

Amb la potència mitja coneguda, cal multiplicar-la per el nombre de bicicletes de cada sala d'estudi, i posteriorment aplicar-li un factor de rendiment elèctric per tenir una idea de la potència que podríem estar proporcionant.

8.2.1. Sistema persona-generador

Per tal de determinar la variable potència elèctrica generada en funció de la velocitat, s'han de conèixer: la corba de potència-velocitat característica del generador i la relació de transmissió entre l'eix de la dinamo i la roda de la bicicleta. La primera de totes s'ha determinat de manera experimental assistint a un taller a Barcelona, mentre que la relació entre les velocitats requereix del coneixement dels diàmetres de les dues parts involucrades. Per conèixer la velocitat d'una persona a sobre una bicicleta, es va realitzar una prova al DIR TUSSET, a 3 bicicletes per a determinar el seu comportament. La sessió va durar 45 minuts i es va comptar amb persones d'una condició física normal, tenint-se en compte edats i sexes diferents.

La funció que es presenta a continuació explicita la velocitat de la roda de la bicicleta durant la classe d'spinning.



Gràfic 1. Representació de la velocitat de la roda de la bicicleta

Tal i com mostra el gràfic, el rang de velocitats en el qual ens estaríem movent és d'entre 200 i 250 rpm. Les dades estadístiques experimentals es presentes a continuació a la il·lustració.

Persona	Dades	Mitjana	Desviació σ
1	246	211,1 rpm 18,2 km/h	48,7 rpm 4.8km/h
2	308	262,2 rpm 22,6 km/h	34,5 rpm 2,9 km/h
3	262	233,8 rpm 20,15 km/h	56 rpm 4,8 km/h

Gràfic 2. Representació mitjana de les velocitats per a 3 candidats

A partir d'aquesta prova podem concloure que per a la realització del treball és convenient i a l'hora coherent agafar els resultats mitjos de l'anterior taula. Així doncs, la velocitat mitjana s'ha mantingut propera als 242 rpm. Per refinar més les dades, es pot assegurar que la velocitat es va mantenir per sobre de les 200 rpm en més d'un 80% del temps.

9. Selecció de components del sistema

Un cop descrits els trets més generals del sistema de generació, s'especificaran els aspectes considerats per a la selecció dels seus components: grup acoblament-generador, bicicleta, inversors, reguladors i bateries.

9.1. Acoblament-Generador

L'acoblament és un dispositiu format per una estructura que permetrà subjectar el generador elèctric a la bicicleta. Com s'ha esmentat anteriorment, la roda girarà a una velocitat d'entre 200 i 250 rpm, la qual cosa serà determinant per a la velocitat de gir de la dinamo. Com que la relació de diàmetres entre roda i generador és de tal, es té que el generador haurà de suportar velocitats entre tal i tal la major part del temps. A més a més, haurà de poder subministrar una potència nominal de 350 W, considerant una potència mecànica d'entre 270 i 400W.

A partir d'aquestes suposicions, es proposa un generador (dinamo) de 12V i 350W, per a garantir la bona connexió amb els dispositius comercials de gestió i condicionament d'energia. D'aquesta manera també podrem aprofitar tota la potència que subministra la persona i garantir el compliment dels càlculs que es realitzin durant el treball.

I per acabar de definir aquest punt, caldria parlar del tipus d'acoblament que es pretén utilitzar.

- En primer lloc, i sempre tenint en compte models que siguin viables tecnològicament dins el mercat, es té l'acoblament directe, que permet la connexió de la roda directament amb l'eix del generador.

-



Il·lustració 6. Sistema d'acoblament directe

En segon lloc es disposa de l'acoblament per rodaments, que bàsicament s'utilitza quan es disposa d'una bicicleta normal sobre una base de coixinets que connecten directament a l'eix del generador.



Il·lustració 7. Sistema d'acoblament per rodaments.

- I per últim l'acoblament del tipus 'llanta', que necessita d'una prèvia instal·lació, però és el més eficient degut a la menor quantitat d'elements de transmissió.

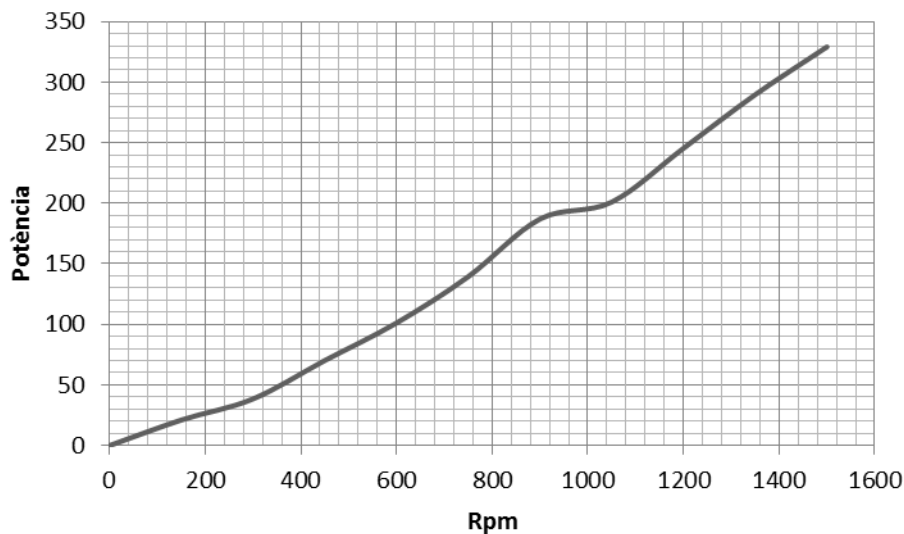


Il·lustració 8. Sistema d'acoblament a llanta

9.1.1. Alternativa escollida

A partir d'aquest punt del treball, i tal com es pot trobar justificat als annexos, totes les consideracions es faran tenint en compte que l'acoblament escollit és el directe, ja que és el més accessible i econòmic, el que més s'utilitza en la generació d'energia elèctrica i el que més senzill és d'instal·lar.

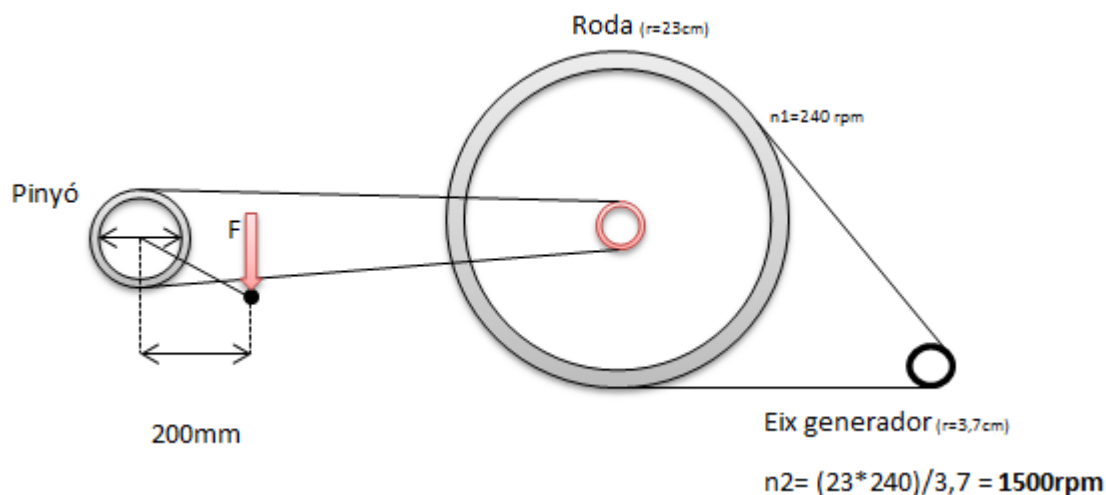
A més a més, també s'ha decidit proposar el model de dinamo HANGYAN MULTIFUNCTIONAL 12V, que ens ofereix una potència màxima de sortida de 400W, i el seu parell resistent, que respon a la xifra de 2.55 N·m es pot vèncer perfectament per una persona adulta durant una classe d'spinning, on el parell que es subministra al plat és de 36,96 N·m, el qual correspon a una força de 7kg a cada peu. A continuació es presenta un gràfic que mostra la potència subministrada pel generador en funció de la velocitat de gir de l'eix.



Gràfic 3. Corba velocitat-potència per a la dinamo HANGYAN

9.1.2. Característiques del grup acoblament-generador

Les velocitats de rotació del eix del generador i la roda de la bicicleta estan relacionades a través dels seus diàmetres de la següent manera:



Il·lustració 9. Esquema de transmissió

L'anterior esquema defineix el procés a través del qual es transmet la velocitat des de el pinyó de la bicicleta fins l'eix de la dinamo. Aquesta velocitat variaria si així ho fessin els diàmetres que formen part del sistema. Si per qualsevol motiu fos necessari un canvi en aquesta relació de velocitats, tant sols s'hauria d'incorporar un artefacte que modifiqués el radi de l'eix del generador.

9.2. La bicicleta estàtica

En aquest treball, no s'ha pogut escollir quina és la bicicleta que millor compleix amb les condicions que requereix una òptima generació d'energia. Així doncs, no s'ha triat cap model, doncs els gimnasos que s'estudien ja tenen una flota de bicicletes determinades. En aquest apartat les presentarem breument i s'explicaran les seves característiques per tal de saber quins seran els requeriments posteriors que en derivaran. A continuació es presenta una taula amb les característiques principals de la bicicleta SPINNER SPORT.



Il·lustració 10. Model de bicicleta del gimnàs

Marca	SPINNER SPORT
Preu	350€
Pes usuari	120kg
Pes volant d'inèrcia	13Kg
Radi volant	23 cm
Acoblament	Directe

9.3. Gestió de l'energia

Havent descrit la bicicleta i considerat l'acoblament que millor s'ajusta, ara toca establir com es durà a terme la gestió de l'energia, proposant un escenari per cada alternativa que existeix, ja sigui per la injecció directa a la xarxa, per l'emmagatzematge d'aquesta en bateries per després introduir-la a la xarxa o per la gestió directa des de bateries fins a llums.

9.3.1. Injecció directa a xarxa

Tal i com s'ha esmentat anteriorment, la unitat de gestió d'aquest subsistema es durà a terme a partir d'un inversor Grid-tie de 350W (potència suficient per a la previsió actual d'energia generada). La funció principal dels inversors és transformar el corrent continu que ens proporcionarà el generador a corrent altern disposat a ser injectat a la xarxa.

L'energia generada per cada unitat s'introduirà a la mateixa a partir d'inversors independents, que es sincronitzaran a la seva freqüència i tensió. Aquests inversors estan dissenyats per desconnectar-se de la xarxa si aquesta falla. Cal comentar també que la connexió independent és degut a la impossibilitat de connectar-los en paral·lel ja que les tensions variaran en funció de la velocitat de pedaleig de cada persona. Un clara identificació dels components principals així com la descripció del procés de generació es mostren a la figura tal.



Taula 5. Esquema de mòduls

Per tant s'estima que la potència a entregar a la xarxa per cada bicicleta és d'aproximadament 270W per una velocitat mitjana de pedaleig de tants rpm.

Hi ha diverses opcions a l'hora d'escollir un inversor, i diferents paràmetres que s'han de tenir en compte. A l'annex tal s'indica el procediment seguit per tal d'escollir l'alternativa d'inversor següent: GRID TIE ONDA PURA HQ 300W.



PARÀMETRE	VALOR
Potència	300W
Marca	HQ
Tensió d'entrada	10,5 a 28V
Tensió de sortida	180 a 260V

Il·lustració 11. Inversor HD PURA ONDA

9.3.2. Bateries + xarxa

La figura tal presenta un esquema que exemplifica quina és la seqüència que seguirà l'energia fins a ser emmagatzemada a la bateria i transportada a la xarxa.



Taula 6. Esquema bateria + xarxa

Abans de parlar de les bateries, fóra bo comentar quina és la funció dels reguladors, quins tipus hi ha i quin finalment es proposa per a aquesta alternativa.

En primer lloc els reguladors de tensió tenen com a finalitat mantenir una tensió de sortida en un valor predeterminat, de manera estable, independentment de les variacions de corrent i tensió d'entrada. Al mercat es poden trobar reguladors de molts tipus, ja siguin de 12V, 24V, 36V... els quals poden subministrar potències ben diferents, tant de 100W com fins i tot de 3000W. Tenint en compte tots els requeriments del nostre sistema, s'ha cregut convenient escollir un regulador de tensió de 12V a 360W. A continuació es mostra quina és la proposta escollida, tot i que als annexos es poden veure les taules a partir de les quals s'ha escollit el present.



Il·lustració 12. Regulador MINO 360W

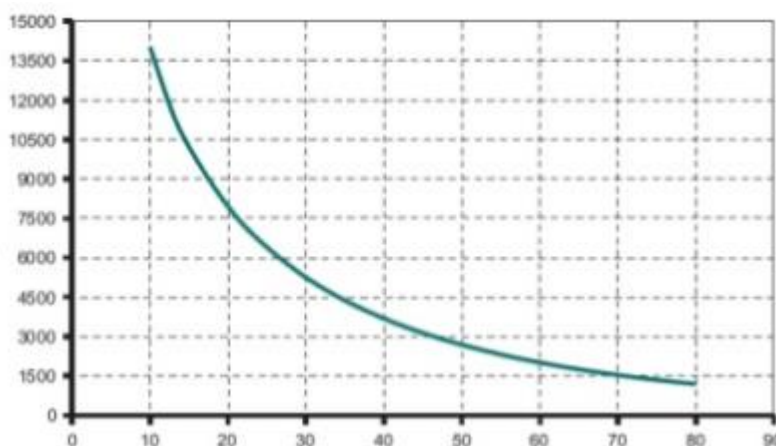
Nom comercial	Regulador de carga minoV2
Marca	ATERSA
Voltatge	12/24
Potència	360W
Consum	60mA
Garantia	2 anys

A partir d'aquestes especificacions toca escollir les bateries que s'utilitzaran per emmagatzemar l'energia que es produeixi. El banc de bateries hauria de complir les següents funcions:

- Emmagatzemar l'energia generada fins que la demanda la requereixi. D'aquesta manera permet prescindir de l'energia elèctrica de la xarxa durant els horaris d'alta demanda.
- Cobrir els pics de demanda de potència que superin la potència generada per les bicis.
- Entregar una potència estable i constant (dins d'un rang establert), ja que la potència que es generarà serà variant.

9.3.2.1. Conceptes previs a conèixer

Profunditat de descàrrega: determina la vida útil d'una bateria, de manera que quan més alta sigui la 'Depth of Discharge' o 'DoD', menor serà la quantitat de cicles de càrrega i descàrrega que suportarà la bateria. Per aclarir aquest concepte es presenta una taula a continuació on es mostra el nombre de cicles útils en funció d'aquest paràmetre.



Gràfic 4. Funció DoD d'una bateria

Per a dimensionar les bateries, és necessari saber quina és la generació d'energia elèctrica de la qual es disposa. Per fer aquesta estimació, partirem de la consideració que tenim el màxim nombre de bicicletes funcionant segons la modalitat de classe que hi hagi en cada moment, la qual cosa s'ha desenvolupat als annexes. Per el cas del DIR CLARIS, la generació ha estat de 118,1 Kwh. Utilitzant bateries de 12 volts, i prenent com a escenari que les bateries hauran de subministrar electricitat quan no hi hagin classes dirigides (la qual cosa suposa un 50% del temps), el resultat és de 10198 Ah.

Si a màxima potència la classe està generant 118,1 Kwh, i hi ha 55 bicicletes a la sala, funcionament, surt 200 Ah per bicicleta (la justificació d'aquesta tria es pot comprovar a l'annex tal). Ja que la generació a la qual ens referim és una suposició (si més no aproximada) s'ha cregut convenient, en principi, triar unes bateries de 12V i 220 Ah, per assegurar un marge prudent. Amb les 55 bicicletes a la sala, aquestes bateries seran suficients per emmagatzemar tota l'energia que es generi.

Tot i que la potència que es genera són aquests 118,1 Kwh, les bateries mai no assoliran la seva capacitat màxima, ja que al ser una instal·lació amb una demanda d'electricitat constant estaran subministrant contínuament energia a tots aquells punts que ho requereixin. D'aquesta manera, i de cara a estudiar la viabilitat econòmica del projecte de forma global, s'optarà per escollir unes bateries de menys capacitat, amb la qual cosa es garantirà que l'estudi econòmic no sigui un fracàs.

Tal i com s'ha esmentat amb l'inversor i el regulador, a continuació es presenta un exemple de bateria com el que es pretén instal·lar, tot i que al annex num tal es pot observar el mètode que s'utilitzarà per escollir la millor alternativa.



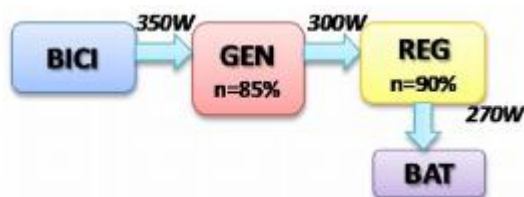
Il·lustració 13. Bateria FORMULA STAR

Nom comercial	Formula Star
12V 155Ah	
Fabricant	FORMULA STAR
Voltatge	12V
Capacitat	155Ah
Mesures	513x189x223
Pes	37 kg

9.3.3. Escenaris possibles amb alternatives 1 i 2

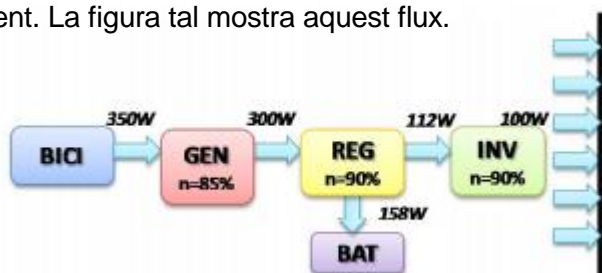
Amb la finalitat d'il·lustrar el funcionament del sistema, es presentaran a continuació els 4 casos típics d'operació, a partir dels fluxos de potència.

Cas 1: la demanda d'energia és nul·la i la bicicleta està generant X W. En aquest cas la potència generada carregarà les bateries tal i com indica la figura tal.



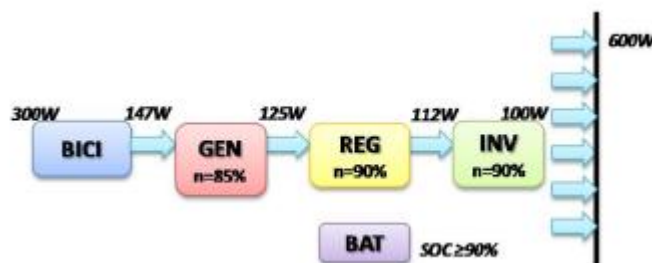
Esquema 1. Escenari 1

Cas 2: la demanda total és de Y W i la potència generada de X W per cada unitat (sent $Y > X$), ja és suficient com per abastir aquesta demanda (doncs $X \cdot \text{bicis} > Y$) y també la bateria simultàniament. La figura tal mostra aquest flux.



Esquema 2. Escenari 2

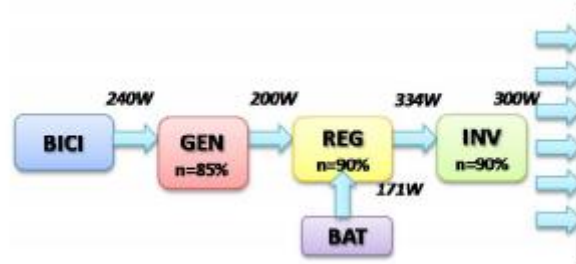
Cas 3: les bateries estan completament carregades i la demanda ara requereix a Y W, tal i com indica l'esquema 3. En aquest escenari, hi ha un excés de potència per part del tripulant de la bicicleta, i per tant d'aquesta manera aquest excés perd degut a la pròpia fricció de la bicicleta.



Esquema 3. . Escenari 3

En cas que les bateries estiguin carregades completament i no existeixi demanda per part del gimnàs, el regulador es desconnectarà automàticament.

Cas 4: la demanda del recinte es troba al 100%, però en aquest cas la bicicleta genera només X W i les bateries tenen energia emmagatzemada. En aquest cas, la demanda serà abastida per la totalitat de potència que entrega el tripulant, i el que falta ho subministrarà la càrrega restant de la bateria, tal i com s'explicita a la figura tal.



Esquema 4. Escenari 4

9.3.4. Bateries aïllades + punts d'il·luminació

L'altre escenari a estudiar és semblant als que s'han explicat a continuació, però amb una petita diferència que pot ser decisiva a l'hora d'escollir 1 de les 3 alternatives. Si s'opta per un sistema en el qual les bateries que emmagatzemen l'energia que subministren les bicicletes es fa servir directament per il·luminar tot el recinte, s'està saltant un pas que es realitzava amb les 2 anteriors: l'ús d'inversors. És cert que l'energia que ens proporcionen les bateries és tradueix a corrent continu, i a priori no es podria alimentar el sistema lumínic global. També és cert, però, que l'ús d'inversors obliga a injectar l'energia a la xarxa, i a efectes pràctics, aquest mètode resulta difícil d'instal·lar i no és gaire eficaç. Així doncs, aquesta alternativa estalvia els inversors, però a canvi obliga a dissenyar un sistema d'il·luminació a corrent continu i de baix consum (principalment dut a terme a partir de llums LED), que d'alguna manera aprofiti la instal·lació actual per no haver de realitzar unes obres que comportin el tancament del centre durant unes setmanes.

Així doncs l'esquema que resulta d'aquesta alternativa és el següent:



Esquema 5. Distribució dels mòduls per alternativa 3

Com es pot comprovar, amb aquest sistema no és necessària la implementació de cap altre mòdul elèctric, doncs es fa servir el mateix que per a les 2 anteriors.

Com s'ha comentat també, aquesta alternativa requereix una instal·lació lumínica de tot el recinte. Per tant es proposa utilitzar llums LED de baix consum a 12V, que disposin d'una alta luminescència per tal de disposar de menys quantitat, però garantir una il·luminació equivalent a la que hi ha actualment.

9.4. Escenari elèctric actual

A continuació s'expliquen breument els 2 escenaris possibles a l'hora d'injectar l'electricitat a la xarxa, doncs segons el país i la legislació vigent en cada un, la manera de distribuir l'energia pot ser ben diferent.

Més d'un 90% dels generadors d'energia elèctrica estan connectats a la xarxa de distribució elèctrica i hi aporten la producció energètica. Això evita que instal·lacions a les quals s'hi destinen aquests generadors, no necessitin bancs de bateries excessivament grans i costosos, i constitueixen una aplicació més directa i eficient de la tecnologia. Ja hi ha centenars de milers de sistemes de generació elèctrica connectats a la xarxa que demostren que la connexió a xarxa és tècnicament factible i molt fiable. En països com Alemanya, Japó o EUA, un nombre cada vegada més de persones i empreses estan interessades a instal·lar aquests sistemes. Les motivacions per dur a terme aquesta injecció són diverses: alguns ho fan per guanyar diners amb la venda de l'electricitat, altres per estalviar electricitat en els pics de demanda o per donar estabilitat al consum si el subministrament que reben és inestable. Molts altres justifiquen la inversió per consciència ambiental. En tots els casos hi ha la motivació de contribuir a desenvolupament d'aquesta tecnologia neta.

9.4.1. Tipus de connexió

Per a la connexió a xarxa s'utilitzarà l'inversor que convertirà el corrent continu en corrent altern. A continuació s'expliquen les dues maneres més típiques d'injectar energia a la xarxa.

9.4.1.1. Facturació neta

L'electricitat generada s'utilitza en primer lloc per consum propi i els excedents, si n'hi ha, s'injecten a la xarxa. El sistema es connecta a prop del comptador, però en el costat del consumidor, reduint la necessitat de comprar electricitat; per tant, disminueix la factura de la companyia elèctrica, que subministra només l'energia que no aporten els generadors. Quan es produeix un excedent, aquesta producció elèctrica s'aboca a la xarxa i pot ser pagada segons la tarifa fotovoltaica corresponent, si ho preveu la regulació.

9.4.1.2. Tarifa de generació

Als països on la legislació obliga les companyies elèctriques a acceptar la generació que es connecta a les seves xarxes, hi ha una tarifa per recompensar el kWh generats. el sistema se sol connectar directament a la xarxa elèctrica, de manera que s'injecta el 100% de la energia produïda.

A la pràctica, les dues formes aconseguixen que l'electricitat generada es consumeixi en el lloc que es produeix, ja sigui en el propi edifici que allotja els generadors. Però, financera i administrativament són dos casos molt diferents. En el cas de la tarifa de generació, molt més eficaç per promoure la font renovable, s'ha d'emetre una factura i s'ha de portar una comptabilitat (a Espanya, a més a més, cal fer tots els tràmits d'una activitat econòmica, amb independència de la mida de la instal·lació), en el cas de la facturació neta, en canvi, s'obté un estalvi de consum que no comporta cap càrrega burocràtica.

9.5. Tria i justificació de l'alternativa

Com s'ha anat comentant al llarg del treball, els 2 escenaris que s'han plantejat són els següents:

- Injectar l'energia elèctrica directament a la xarxa distribuïdora del gimnàs.
- Emmagatzemar l'energia en bateries per tal d'aprofitar-la quan la demanda ho requereixi, injectant aquesta energia també a la xarxa.

En vista a l'estudi econòmic que es detalla a l'apartat tal, s'ha valorat si aquestes 2 opcions que es van plantejar en un inici, apart de tenir validesa tècnica, també tenien validesa econòmica.

La injecció de qualsevol dispositiu que subministri energia a la xarxa, requereix d'un inversor, tal i com s'ha anat comentant al llarg del treball, que converteixi el corrent continu en altern per poder-lo introduir. Aquests inversors, que s'han dimensionat a l'apartat tal, ofereixen un voltatge de 12V i una potència de 300W, i segons aquestes característiques, l'import que està establert al mercat està al voltant de 250€. Aquest preu multiplicat per les 55 bicis de la sala és una xifra que ascendeix fins als 13750€, fet que invalidaria el projecte, doncs es tardarien molts anys en recuperar la inversió inicial. També s'ha de comptar amb l'import de les bateries que ronda els 100€, i valorar el pressupost dels generadors, així com el cablejat, les proteccions i la instal·lació del sistema.

A més a més, amb la legislació vigent a Espanya, el mercat elèctric està sotmès a fortes restriccions a l'hora de vendre l'energia produïda a la xarxa elèctrica. Tant és així, que el funcionament s'estableix de la següent manera: qualsevol productor d'energia elèctrica no declarat oficial (panells fotovoltaics, generació per pedaleig...) que vengui la seva energia a la xarxa rebrà un import econòmic per els Kwh inferior al preu de compra de la mateixa energia, de tal manera que si està comprant, per exemple, 1Kwh a 0.14€, els Kwh que produeixi s'hauran de vendre a un preu de 0.09€. Aquests peatges que sofreix el flux d'energia, també són responsables que la implantació d'aquests sistemes no prengui força en aquest país, i serà una de les raons que defensen el perquè es descarta utilitzar les 2 opcions fins ara exposades.

En aquest punt del treball doncs, convé prendre un altre via de treball, un canvi d'estratègia. El que es proposa és ben senzill: havent descartat la intervenció d'aparells inversors, es procedirà a subministrar energia als fluorescents de les sales, doncs són dispositius que treballen a un voltatge de 12V (al igual que les bateries).

D'aquesta manera s'eviten els mals de cap que comporta injectar l'electricitat a la xarxa, és un mètode més senzill i que igualment ens proporcionarà l'estalvi corresponent a tota la llum gastada a la sala.

És clar que a partir dels càlculs duts a terme, l'energia produïda per les bicicletes és suficient com per abastir tota la demanda de llum de la sala, i és per això que també es proposa l'opció de subministrar energia a la resta del gimnàs, de tal manera que sempre que es disposi d'energia emmagatzemada a les bateries, es podrà distribuir per tot el recinte.

Aquest nou punt de vista fa necessària la introducció d'un nou dispositiu que permeti el pas de corrent des de la bateria fins els dispositius a alimentar quan aquesta estigui en un punt de càrrega suficient, i que talli el pas de corrent quan la bateria estigui descarregada. Estem parlant doncs d'un interruptor de tall de la bateria, que eviti que aquesta es descarregui per sota del seu límit, i que talli el corrent d'entrada quan aquesta es trobi en un punt de càrrega màxima. Així doncs, el sistema ara es dividirà en 3 escenaris:

- Bateries al mínim i demanda energètica elevada. En aquest cas l'interruptor tallarà el subministrament d'energia des de bateria fins a càrregues.
- Bateries carregades i demanda elevada. Les bateries aniran subministrant energia a l'hora que les càrregues la demandaran.

- Bateries carregant-se i demanda baixa. En aquest escenari les bateries carreguen més del que es subministra, fins que arribin al punt de càrrega màxima i l'interruptor talli l'entrada d'energia.

10. Sistema d'il·luminació

En el nou escenari, en el qual s'han eliminat els inversors i per tant disposem d'un subministrament exclusivament de corrent continu, seria interessant estudiar quin serà el sistema d'il·luminació a instal·lar com a conseqüència del sistema de generació.

Hi ha diversos dispositius lumínics al mercat que funcionen a partir de corrent continu, però també hi ha que funcionen a partir de corrent altern però podrien funcionar a partir de continu. És el cas de molts fluorescents que treballen a 230V, però que duen incorporat un transformador. Si aquest transformador es retira, els fluorescents podrien funcionar a partir del corrent continu, però aquesta modificació alteraria el funcionament d'aquests aparells, cosa que es reflectiria en una disminució de la seva vida útil, a part de tenir una forta davallada en la eficiència.

En l'escenari real del gimnàs, hi ha una àmplia instal·lació de bombetes i fluorescents que treballen a corrent altern, i degut al que s'acaba de comentar respecte d'aquests últims, s'estudiarà la opció de comprar uns dispositius LED de baix consum a 12 V que treballin amb corrent contínua. Es valorarà la validesa tècnica però alhora també la econòmica, i tot es detalla a l'annex tal.

Per tal d'entendre el sistema que es presentaran a continuació, s'introduiran una sèrie de conceptes relacionats amb la il·luminació LED que faran més fàcil seguir el fil de l'explicació.

10.1.Potència lumínica

Un lumen és la unitat usada per a expressar la quantitat de llum que és capaç de generar una bombeta. El problema és que la manca d'unió per part dels fabricants no permet unificar criteris pel que podem tenir algun que altre problema. De totes maneres, la teoria ens diu que un LED és capaç de generar per si només entre 60 i 90 lúmens. Tot valor per sobre o és fals o baixa circumstàncies molt òptimes. Com a dada, el record de lúmens generats per un LED va ser de 150 lm / w. Per a conèixer els lúmens que genera una bombeta LED ha una petita formula:

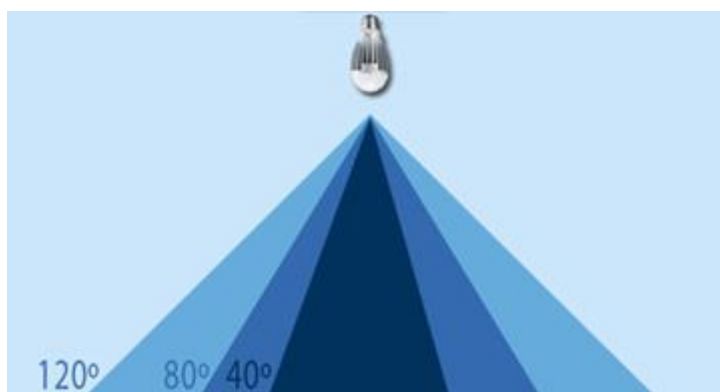
Lúmens reals = nº de watts x 70 .

Sent 70 un valor mitjà que coincideix amb la majoria de les bombetes del mercat. Per tant, una bombeta LED de 12W oferiria una potència lumínica de 840 lm, que substituiria la llum que genera una bombeta incandescent de 60W. Com podeu veure generant la mateixa quantitat de llum estalviem 48W per cada bombeta incandescent que substituïm.

10.2. Angle d'obertura del LED

Un dels problemes que té la il·luminació LED és l'angle d'obertura que ofereix. Això ens obliga a mirar bé les especificacions i usos recomanats pel fabricant. El millor és que la tecnologia de l'òptica que es fa servir en els LED ha millorat tant que ja podem trobar bombetes capaces d'il·luminar soles tota una habitació

Si comprem bombetes LED l'angle d'obertura sigui de 40° obtindrem una llum més focalitzada que seria ideal per il·luminar punts concrets com un quadre, vitrina... Per tant, per a una habitació o un recinte tancat hem es proposa una bombeta amb 120 graus d'obertura ja que és l'adequada per aquest tipus de llocs. Això sí, possiblement haurem de fer servir més d'una si les dimensions són majors del normal.



Il·lustració 14. Angles d'obertura possibles per a llum LED

10.3. La temperatura del color

Els graus Kelvin ens indiquen el tipus de color que tindrà la llum de la nostra bombeta. En funció del nombre podrem obtenir tres tipus de llum: blanc càlid, blanc pur i blanc fred. Cada color sol tenir una aplicació més o menys pràctica. El blanc fred és idoni per col·locar en llocs on es necessita una llum blanca i que de la màxima llum possible com pot ser el garatge, traster, ... El blanc pur està indicat per a usar en cambres de bany, cuina o lloc de treball .

Finalment la llum amb to groc, blanc càlid, està indicada per habitacions, sales d'estar... ja que ofereix un tipus de llum més d'ambient.

Quan anem a comprar una bombeta podrem consultar la temperatura en graus Kelvin per saber quin tipus de llum donarà. Si està entorn als 3.000K serà un blanc càlid, 4500K és blanc pur i 5800K blanc fred. D'aquesta manera hom podrà decidir quin tipus de llum li agrada més segons l'estança a on estigui destinada. També resulta interessant l'ús dels *Dimmer* per crear ambient al poder regular la intensitat i per tant la quantitat de llum que genera la bombeta.

10.4. Alternatives d'il·luminació

10.4.1. Tub fluorescent LED 12V

10.4.1.1. Descripció i característiques del producte

El tub LED de 12V substitueix els antics tubs fluorescents afegint eficiència i potència a la il·luminació. Els tubs no presenten incòmodes intermitències ni sorolls. Són ideals per a instal·lacions aïllades ja que no necessiten d'inversor, s'alimenten directament del corrent continu de bateries de 12V, de tal manera que es poden connectar directament de la bateria al tub. Disposa de les connexions als extrems del tub (el pol positiu en un extrem i el negatiu en l'altre) de manera que haurem de connectar als extrems del tub als pols de bateria. Un cop realitzada aquesta connexió, veurem com s'il·lumina. El tub que es proposa té 2 anys de garantia i el seu baix consum permet que aquest tipus d'il·luminació sigui molt avantatjosa enfront de les lluminàries convencionals.



Il·lustració 15. Tub LED 12V SMD

Típus de led	SMD 2835
Potència	9W
Mida	26x600mm
Eficiència	>85%
Pèrdua de llum	<3%
Vida útil	>50000 hores
Lúmens	828W/m ²

Angle d'obertura.

- 40° Aconseguirem una llum molt més focalitzada que la resta , perfecta per il·luminacions precises.
- 80° Aquesta obertura es troba en el punt mig de focalització , per exemple podríem utilitzar-la al rebedor de casa .
- 120° Aquesta és l'obertura perfecta per a un menjador, habitacions etc.

El color del tub led 12V 9W 60cm 828Lm 6000K T8

Utilitzant aquesta taula podem determinar el color del tub led que més s'adapti més a les necessitats desitjades.

Color	Temperatura	Característiques	Zona
Blanc fred	6000-6500K	Energètica, neta i clara	Taller, restaurant, oficina
Blanc natural	4000-4500K	Llum del dia	Molt versàtil
Blanc càlid	3000K	Ambient decoratiu	Daurats, fustes, peces clàssiques.

Taula 7. Característiques lumíniques segons temperatura

10.4.2. Bombeta de baix consum a 12V

10.4.2.1. Característiques del producte

- Materials: Gràcies a la seva fabricació amb materials d'alta qualitat, les bombetes de baix consum 12V a 11W estalvien entre un 75 i un 80% d'energia respecte a unes bombetes incandescent. Aquestes bombetes de baix consum multipliquen per 10 la seva vida respecte a les tradicionals bombetes d'incandescència, és per això pel que comprar bombetes de baix consum 12V és apostar per estalviar en la factura de la llum.
- Usos: Les bombetes de baix consum són ideals per a tot tipus de llocs on no es disposi d'un punt de llum connectat a la xarxa elèctrica i per tant són apropiades per a recintes que disposin d'un tipus d'enllumenat basat en el corrent continu.

- Notes: És molt recomanable prestar gran atenció a la polaritat de connexió, ja que una inversió de la mateixa impediria el funcionament de les bombetes.



Model	CFL-11
Protecció de polaritat	SI
Tensió de funcionament	10.5-15V
Potència consumida	11W
Temperatura de funcion.	-10/+50°C
Vida mitjana	6000h
Lúmens	605lm

Il·lustració 16.
Bombetes *LED*
10,5V 11W

10.5. Alternativa d'il·luminació proposada

Davant les dues opcions que finalment s'han proposat per a cadascuna de les alternatives, la que millor s'ajusta a les expectatives del projecte serien els tubs de LED, ja que la seva luminescència i la seva mida (ambdues majors que les de les llums de LED) permeten cobrir un espai més ampli del recinte amb menys quantitat.

Aquest estalvi de dispositius lluminosos que resulta d'escollir els tubs de LED, òbviament es reflecteix també en la futura factura de la instal·lació, doncs tal i com s'ha exposat al annex tal, el preu dels tubs de LED és menor que el de les bombetes.

Per tant, un cop triat el mètode d'il·luminació òptim, s'ha de desenvolupar un apartat on s'expliqui quina és la metodologia a fer servir per tal d'instal·lar aquests tubs.

Actualment al gimnàs hi ha instal·lat un sistema lumínic basat en bombetes halògenes, que apart de tenir una potencia lumínica menor que els tubs de LED, tenen un consum molt major. Per tant a l'hora d'instal·lar els tubs no s'haurà de fer l'equivalent al nombre de bombetes actuals, sinó que es realitzarà un factor de proporcionalitat per tal de decidir quants se'n posen i la orientació d'aquests. Cal advertir que el gimnàs és un recinte on una bona il·luminació és una premissa fonamental per el correcte desenvolupament de les activitats de manera que aquestes resultin segures pels clients, i d'aquesta manera s'haurà de ser generós amb el nombre que finalment es triï. Tot i això, i ja mirant cap al balanç econòmic futur, es pot comprovar que el consum lumínic serà notablement menor, doncs tal i com s'explicarà en els següents apartats, el gimnàs disposa d'un sistema d'il·luminació halògena on cada punt de llum consumeix al voltant dels 26W, arribant en algun punt fins i tot als 70W (en el cas de les làmpades de la sala principal.) Els càlculs referents a aquest apartat es poden trobar al annex tal.

10.5.1. Equivalència lumínica

Per fer l'estudi del nou sistema d'il·luminació, cal abans presentar quin és el sistema que actualment hi ha en funcionament. Per a la realització d'aquest treball, s'han escollit els recintes del gimnàs amb una il·luminació més abundant, com per exemple les sales principals, els vestuaris i l'entrada. Els altres punts de llum que estan repartits de forma més individual al llarg del gimnàs es suposaran negligibles per als càlculs finals.

El dispositiu lumínic principal que duu instal·lat més de 8 anys és el model PHILLIPS FBH 100/7 PLC 2x26W, que inclou dues bombetes halògenes de 26W cadascuna. Funciona a 230V i a una freqüència que pot estar compresa entre els 50 i els 60Hz amb un factor de potència de 0.45 ($\cos\phi=0.45$). També és d'utilitat saber els lúmens que ofereix aquest dispositiu, que segons el fabricant equival a 800lm.



Il·lustració 17. Llum PHILLIPS FBH instal·lada actualment al gimnàs

A continuació es presenta una taula amb la distribució actual dels diferents punts de llum del gimnàs, i a continuació el recompte de Kwh que s'estan utilitzant avui dia, per després realitzar una comparació entre el consum amb els dispositius vells i els nous.

Abans, però, cal remarcar que la il·luminació referent als vestuaris, tant masculí com femení, es duu a terme a partir d'uns dispositius diferents, que degut al elevat número d'aquests, sí que s'han de tenir en compte.

Es tracta doncs del model PHILLIPS SMART SPOT LED BBG360-300, que consta de 3 subleds alimentats per corrent altern a 230V amb un consum unitari de 8.2W. Segons fabricant, aquest dispositiu subministra una lluminositat de 360lm.



Il·lustració 18. SMART SPOTLED BBG360-300 instal·lat als vestuaris

Sales	Punts de llum	Consum
Sala principal	90	4680W
Sala musculació	40	2080W
Sala ioga/pilates + entrada	50	2600W
Sala spinning +zumba	60	3120W
Vestuaris (masc. + fem.)	180	1476W
TOTAL	420	13950W

Taula 8. Consum total de la instal·lació actual

Per altra banda es presenta l'alternativa triada, que apart de reunir les condicions lumíniques equivalents a la instal·lació actual, té un consum menor i una durabilitat més gran.

Sales	Punts de llum	Consum
Sala principal	90	810W
Sala musculació	40	360W
Sala ioga/pilates + entrada	50	450W
Sala spinning +zumba	60	540W
Vestuaris (masc. + fem.)	90	810W
TOTAL	330	2970W

Taula 9. Consum alternatiu

Tal i com es pot apreciar a les dues taules anteriors, l'alternativa escollida permet una reducció del consum de l'ordre d'aproximadament 5 cops.

És moment, doncs, de calcular el consum d'ambdós sistemes en Kwh per tal de poder decidir com es gestiona l'energia produïda i a què va destinada.

Per una banda, el sistema actual consumeix un total de:

$$Kwh = \left(\frac{W}{1000} \right) * h$$

W: Watts consumits

h: hores en funcionament

Resulta d'un consum diari de 216,26 Kwh, la qual cosa es tradueix a un consum anual de 77841Kwh/any.

Si el consum respon a l'alternativa escollida, aquestes xifres es redueixen significativament, no només pel fet que s'estarà generant més del que es consumirà, sinó també que ja no s'haurà de sol·licitar el subministrament per tota la instal·lació lumínica, no tenint que fer front, per tant, a una factura elèctrica notable.

Per tant, amb el nou sistema que es proposa, les xifres que es presenten són les següents, calculades a partir de la mateixa fórmula per al sistema actual.

El consum diari de llum en el recinte passaria a ser de 46.03Kwh, i de la mateixa manera estaríem parlant de 16572.6 Kwh/any.

Per finalitzar aquest apartat, seria interessant remarcar el percentatge d'estalvi que s'aconsegueix amb el sistema de generació i il·luminació proposat, que no només és un estalvi econòmic, sinó també un estalvi energètic que es tradueix de forma directa a una millora en l'impacte ambiental de tot el gimnàs.

D'aquesta manera el percentatge d'estalvi respon a la següent fórmula:

$$\%estalvi = \frac{\text{consum actual} - \text{consum alternatiu}}{\text{consum actual}} * 100$$

Equació 3. Estalvi lumínic

La xifra resultant preveu un estalvi d'un 78.7% en consum lumínic, però també cal dir que no només hi ha aquest estalvi, sinó que es passaria a pagar un total de 0.14€/Kwh a no pagar res, doncs el sistema que es proposa seria capaç de generar 118.46 Kwh, xifra suficient per suplir tota la demanda que es preveu.

11. Il·luminació final

És clar doncs que el sistema proposat és rentable de moment a nivell energètic, ja que s'aconsegueix estalviar més del 75% del consum actual, a més a més de reduir la factura elèctrica a 0€.

Cal decidir, per tant quina serà la manera de distribuir els tubs de led per les diferents sales i què es farà amb l'energia restant que no s'utilitza per il·luminar.

En primer lloc, els tubs LED permeten una fàcil instal·lació allà on es vulgui, ja que duen incorporat una placa metàl·lica damunt que pot enganxar-se o collar-se allà on es prefereixi. Es proposa col·locar-los al llarg del sostre de la sala, al igual que estan instal·lats els llums actuals, però es deixa la opció que sigui el propi gimnàs el que triï on i com aniran col·locats per tal de no interferir en les seves preferències estètiques.

Per altra banda, l'energia restant de la generació produïda es proposa emmagatzemar-la a les bateries, de tal manera que aquells dies en els que la afluència de gent sigui menor i hi hagi hores mortes sense ningú pedalejant, així com els 15 minuts entre una sessió i l'altre, el gimnàs pugui continuar subministrant tota la llum necessària. Es pot comprovar fàcilment amb la diferència d'energia que es genera amb la que es subministra, que resulta ser de 72.05Kwh/dia, que molt difícilment el gimnàs es quedaria sense subministrament elèctric en algun moment, ja que aquesta xifra representa gairebé el 157% de l'energia que demanda el gimnàs cada dia. Així doncs, es podria estar fins a 1 dia i mig sense generar ni 1Kwh, que el recinte gaudiria de llum de manera normal.

11.1. Sistema d'emergència

Tot i així, com a precaució obligada, també és necessari disposar d'un sistema d'emergència en el cas que per a qualsevol motiu, l'energia generada no es pogués subministrar a la il·luminació.

Davant d'aquest escenari, són possibles dues solucions:

- Dur a terme una instal·lació aïllada a partir de fluorescents de baix consum a 12V, que s'alimentessin de la mateixa manera que ho farien els habituals, però amb la peculiaritat que estarien connectats a una bateria que mai faria la funció de descàrrega, és a dir, un cop estigués carregada, mai subministraria energia a

ningun llum, guardant-la per al cas d'emergència on llavors sí que ho faria. Aquesta opció obliga doncs a comprar més fluorescents i més bateries, i també a dissenyar un sistema exclusiu per a les llums de 12V que indiqués quan el sistema està fora de funcionament, per tal de poder activar el sistema d'emergència.

- Per altra banda, en el cas de quedar-se sense llum, es podria aprofitar el sistema d'emergència que ja està instal·lat al gimnàs. Funcionant amb corrent altern i connectat a la xarxa, es disposa d'una garantia de funcionament del mateix, i així doncs, si les bateries deixessin de subministrar llum, el sistema actual passaria a funcionar.

Per tant, el que sembla més lògic és optar per la segona alternativa, on apart de no haver de comprar més material destinat a la gestió de l'energia, s'aprofita el sistema actual de manera que no sorgeixen complicacions.

12. Dimensionament de components

12.1. Cablejat i proteccions

El cablejat usat a l'interior del recinte, serà l'indicat en el Reglament Electrotècnic de Baixa de Tensió 842/2002, per a un habitatge amb electrificació bàsica, segons la ITC 25. La tensió assignada per a aquest tipus de cables en aquesta part de la instal·lació serà inferior a 450 / 750V, segons la ITC-BT-21. Per tant el cable seleccionat, a part de la característica anteriorment esmentada, tindrà un aïllament de PVC, suportarà una temperatura màxima de 70C, serà del tipus H07V-K i estarà construït segons la norma UNE 21.031.

A partir de la següent fórmula, es dimensionarà el cablejat que s'utilitzarà per a les connexions entre els diferents mòduls. Cal dir que hi haurà 2 trams de cablejat:

- El tram A, que anirà des de la sortida del generador, fins l'últim mòdul de connexió. (en el cas de injecció directa a xarxa, aquest serà l'inversor, i en el cas de emmagatzematge a bateries, es tractarà de la bateria.)
- El tram B, que comprendrà el tram que va des de l'últim mòdul, fins la connexió als panells elèctrics de la sala de comptadors.

Fent ús de la fórmula següent, trobarem els valors exactes de secció dels cables per cada tram i en cada escenari.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot U}$$

Equació 4. Secció cables

on

- L: longitud del tram, en m.
- I: intensitat que circula pel conductor, en A.
- ρ : constant del coure de valor 56
- U: % de ddp.

Els resultats detallats amb els càlculs pertinents es presenten a l'**annex**.

12.1.1. Canalitzacions

Sección nominal de los conductores unipolares	Diámetro exterior de los tubos				
	Número de los conductores				
	1	2	3	4	5
1.5	12	12	16	16	20
2.5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40
25	25	32	40	40	50
35	25	40	40	50	50
50	32	40	50	50	63
70	32	50	63	63	63
95	40	50	63	75	75
120	40	63	75	75	-
150	50	63	75	-	-
185	50	75	-	-	-
240	63	75	-	-	-

Taula 10. Secció dels tubs canalitzadors en funció del numero de conductors

Els tubs emprats a l'interior del recinte, aniran encastats a la paret. Seran tubs flexibles d'un diàmetre que permeti la correcta instal·lació i extracció dels cables o conductors aïllats. El seu diàmetre, segons la ITC- BT- 21 , es triarà en funció de la secció del cable o conductor i del nombre de cables que s'allotjaran a l'interior del tub.

Per a més de 5 conductors per tub o per a conductors o cables de seccions diferents a instal·lar en el mateix tub , la seva secció interior serà com a mínim igual a 3 vegades la secció ocupada pels conductors.

El compliment de les característiques indicades a la taula anterior , es realitzarà segons els assajos indicats per la norma UNE-EN-50.086-2-3 per a tubs flexibles i no propagadors de flama. Els tubs hauran de tenir un diàmetre tal que permeti una fàcil instal·lació i extracció dels cables o conductors.

En el cas que es procedís a la instal·lació de tuberes subterrànies, els tubs haurien de complir el que especifica la taula tal, que es presenta a continuació:

Características	Código	Grado
Resistencia a la compresión	NA	250 N/450 N/750 N
Resistencia al impacto	NA	Ligero/Normal/Normal
Temperatura mínima de instalación y servicio	NA	NA
Temperatura máxima de instalación y servicio	NA	NA
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificaciones
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Protegido contra objetos D≥1 mm
Resistencia a la penetración del agua	3	Protegido contra el agua en forma de lluvia
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	0	No declarada
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada
Notas: NA: No aplicable (*) Para tubos embebidos en hormigón aplica 250 N y grado Ligero; para tubos en suelo ligero aplica 450 N y grado Normal; para tubos en suelos pesados aplica 750 N y grado Normal.		

Taula 11. Característiques de tubs subterranis

Segons la ITC-21 del reglament electrotècnic de baixa tensió la instal·lació dels tubs es farà d'acord a les següents premisses:

- El traçat de les canalitzacions es farà seguint línies verticals i horitzontals o paral·leles a les arestes de les parets que limiten el local on s'efectua la instal·lació.
- Els tubs s'uniran entre sí mitjançant accessoris adequats a la seva classe que assegurin la continuïtat de la protecció que proporcionen als conductors.
- Els tubs aïllants rígids, deformables en calent, podran ser acoblats entre si en calent, recobrint l'entroncament amb una cola especial quan es precisi una unió hermètica.
- Les curvatures en els tubs seran contínues i no originaran reduccions de secció inadmissibles. Els radis mínims de curvatura per a cada classe de tub serà els especificats pel fabricant d'acord amb la UNE-EN 50.086-2-2.
- Serà possible la fàcil introducció i retirada dels conductors en els tubs després de col·locar-los i fixats aquests i els seus accessoris, disposant per a això els registres que es considerin convenients, que en trams rectes no estaran separats entre si més de 15 metres. El nombre de corbes en angle situades entre dos registres consecutius no serà superior a 3. Els conductors s'allotjaran normalment en els tubs després de col·locats aquests.
- Les connexions entre conductors es realitzaran a l'interior de caixes apropiades de material aïllant i no propagador de la flama. Si són metàl·liques estaran protegides contra la

corrosió. Les dimensions d'aquestes caixes seran tals que permetin allotjar folgadoament tots els conductors que hagin de contenir.

La seva profunditat serà al menys igual al diàmetre del tub major més un 50% del mateix, amb un mínim de 40mm. El seu diàmetre o costat interior mínim serà de 60mm.

- En cap cas es permetrà la unió de conductors per simple retorçament o enrotllament entre si dels conductors, sinó que haurà realitzar-se sempre utilitzant borns de connexió muntats individualment o constituint blocs o regletes de connexió; pot permetre així mateix la utilització de brides de connexió. El retorçament o enrotllament de conductors no es refereix a aquells casos en què s'utilitzi qualsevol dispositiu connector que asseguri una correcta unió entre els conductors, tot i que es produeixi un retorçament parcial dels mateixos i amb la possibilitat que puguin desmuntés fàcilment. Els borns de connexió per a ús domèstic o anàleg seran conformes a que estableix la corresponent informe de la norma UNE-EN-60.998.
- Durant la instal·lació dels conductors, perquè el seu aïllament no pugui ser malmès pel fregament amb les vores lliures dels tubs, els extrems d'aquests, quan siguin metàl·lics i penetrin en una caixa de connexió o aparell, estaran proveïts de filtres amb vores arrodonides o dispositius equivalents, o bé les vores estaran convenientment arrodonides.
- En els tubs metàl·lics sense aïllament interior, es tindrà en compte les possibilitats que es produeixin condensacions d'aigua al seu interior, per a això es triarà convenientment el traçat de la seva instal·lació, preveient l'evacuació i establint una ventilació apropiada a l'interior dels tubs mitjançant el sistema adequat, com pot ser, per exemple, l'ús d'una "T", de la qual un dels braços no s'empra.
- El tubs metàl·lics que requereixen d'una major accessibilitat han de posar-se a terra. La seva continuïtat elèctrica haurà de quedar convenientment assegurada. En el cas d'utilitzar tubs metàl·lics flexibles, és necessari que la distància entre dues posades a terra consecutives dels tubs no excedeixi de 10 metres.
- No es poden utilitzar els tubs metàl·lics com a conductors de protecció o de neutre.
- Per a la col·locació dels conductors es seguirà l'assenyalat en la ITC-BT-20.
- Per tal d'evitar els efectes de la calor emès per fonts externes (distribucions de aigua calenta, aparells i lluminàries, processos de fabricació, absorció de la calor de l' mitjà circulant, etc.), les canalitzacions es protegiran utilitzant els següents mètodes:
 - Pantalles de protecció calorífuga.

- Allunyament suficient de fonts de calor.
- Elecció de la canalització adequada que suporti els efectes nocius que es puguin produir.
- Modificació del material aïllant a emprar.

Les proteccions recomanades per al circuit són:

- Es recomana com a protecció magneto tèrmica del circuit d'il·luminació el model

Com que és una instal·lació elèctrica no connectada a xarxa no és necessari el muntatge del interruptor de control de potència exigint per les companyies distribuïdores i comercialitzadores d'energia elèctrica, no obstant és recomanable la seva instal·lació per tal de mantenir un control de la potència màxima demandada, per tant, es proposa que es munti un ICP de 2.2kW.

13. Mesures de seguretat i precaucions

A l'hora de dur a terme una instal·lació on es tracti amb electricitat i mòduls d'energia, les mesures de seguretat són un punt clau a l'hora de garantir el bon funcionament de tot el sistema. A continuació es presentaran els passos a seguir i les mesures a prendre per cadascun del mòduls i sub-sistemes que aquesta instal·lació requereix.

13.1. Proteccions

Les proteccions són un altre dels punts clau de cada instal·lació, a causa que una fallada en aquests elements pot provocar un dany material o posar en perill la integritat dels usuaris de la instal·lació. Per tant algunes de les activitats que s'han de realitzar per que això no passi són les següents:

- Control del bon funcionament dels interruptors.
- Inspecció visual del bon estat de les connexions.
- Control del funcionament i d'actuació dels elements de seguretat i proteccions.
- Realització de proves en cada un dels elements de la instal·lació generadora, a causa que cada un d'ells porta incorporat un seguit de proteccions.

13.2. Estructura d'acoblament

- Comprovar l'estructura visualment amb possibles danys o desperfecte causats per l'ús continuat o per la manipulació indeguda.
- Comprovació de corretges i transmissions.
- Comprovació que les bicicletes també gaudeixin d'un bon estat per tal que no puguin ocasionar danys a l'estructura.

13.3. Reguladors

Les operacions que es duran a terme per mantenir el regulador en bon estat durant la seva vida útil són les següents:

- De forma visual revisar que les connexions segueixin ben fetes.
- Comprovar que la ventilació de la sala sigui la correcta per evitar l'acumulació de gasos.
- Assegurar-se que la temperatura és l'adequada per evitar possibles danys en els

circuits electrònics.

- Control del funcionament dels indicadors.
- Comprovar possibles caigudes de tensió entre els terminals.
- Si hi ha acumulació de pols o brutícia, netejar bé els dispositius.

13.4. Cablejat i canalitzacions

Per realitzar el pla de manteniment del cablejat per tal de la seva simplificació es estudiarà per zones.

- Quadres de connexió:
 - Comprovació de l'estat de l'aïllament del cable.
 - Comprovació de la correcta connexió del cablejat en els borns de connexió.
 - Comprovació visual del bon estat del quadre o caixa de connexió, per tal de conservar les seves propietats d'estanqueïtat.
 - Inspecció visual de les senyals dels cables i dels senyals d'advertència.
- Connexió entre mòduls:
 - Comprovació de l'estat de l'aïllament del cable.
 - Comprovació de la correcta connexió del cablejat en els borns de connexió.
 - Comprovació visual que els mòduls estan connectats correctament, d'acord amb el present projecte.
- Canalitzacions:
 - Comprovar el bon estat del conducte o canalització.
 - Comprovar que els conductes no estiguin obstruïts per cossos estranys i de ser així eliminar aquesta obstrucció.
 - Comprovar el bon aïllament dels cables que circulen per cada un d'ells.
 - Assegurar-se que per cada canalització va el circuit correcte.

14. Pressupost

Aquest apartat del treball estudiarà la validesa econòmica del treball, tant la inversió inicial que s'haurà de realitzar com el benefici econòmic que s'assolirà degut al fet de no haver de sol·licitar cap subministrament elèctric pel recinte.

	Quantitat	Preu unitari(€)	Preu total(€)
Dinamo 12V/350W	55	79	4345
Reguladors 12V/360W	55	57,11	3141,05
Bateria 12V/155Ah	28	205,82	5762.96
Tub led 12V/9W	330	11.89	3923.7
Cablejat	3080m	1,0315	3177,02
Altres			3500
Total			23849,7

Taula 12. Taula de pressupost

En primer lloc cal comentar la justificació dels metres de cable i l'apartat *altres*, doncs la suma econòmica que representen cadascun no és escassa. Als annexos s'exemplifica el càlcul que s'ha dut a terme per tal de concloure que es necessiten 3080m. Per altra banda, l'apartat *altres* refereix a tot el seguit d'operacions que seran necessàries per tal de poder instal·lar el sistema, que al llarg de tot el procés, requerirà de la intervenció d'especialistes en electricitat i instal·lacions. La xifra que s'ha proposat respon a 70 hores de treball d'un operari, les quals són més que suficients, tenint en compte el volum de treball.

Tant bon punt s'ha calculat la inversió inicial, s'ha de procedir a realitzar una estimació del que s'està estalviant, per poder decidir si tot el sistema dut a terme fins ara és rentable

econòmicament. No hem d'oblidar en cap moment que el projecte està destinat a la gran cadena de gimnasos DIR, i per tant desemborsar la quantitat de tants euros no és una acció complicada.

Atenent a les característiques del contracte elèctric del gimnàs, s'ha utilitzat un preu de 0,14€/Kwh. D'aquesta manera, el gimnàs fins ara està pagant, només per a la il·luminació, la xifra de 10.900,00€/any.

No només s'està reduint el consum en electricitat, sinó que com s'ha esmentat en anteriors apartats, la factura referida a la llum ha passat a ser nul·la, doncs és el propi gimnàs el que està subministrant l'energia necessària per tota la il·luminació.

Arribats a aquest punt, cal procedir a realitzar un diagrama que representi el Valor Net Actualitat (VAN), que és el mètode de valoració d'inversions més conegut, per tal de plasmar si realment aquesta inversió és rentable o no. Tot i així, ja es pot veure que en aproximadament 2 anys, es recuperarà la inversió, i per tant es pot augurar que el sistema sí que és rentable.

Any	1	2	3	4	5	6	7
Despeses	23849,02€	0	0	0	4345€	0	0
Beneficis	10.900€	10.900€	10.900€	10.900€	10.900€	10.900€	10.900€
Flux net act.	-13926,36€	-3026,36€	7873,64€	18773,64€	29673,64€	36223,64€	47123,64€
Valor residual	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
VAN							34.245,00€

Taula 13. Taula de rentabilitat

A més a més de disposar d'un VAN positiu, surt un TIR=0.39 i per tant podem determinar que la inversió que s'ha de dur a terme és rentable.

També és important comentar la taxa de retorn, essent el període fins al qual es recupera la inversió inicial, que en el cas particular d'aquest projecte és de 2 anys, 3 mesos i 2 setmanes.

15. Impacte ambiental

Avui dia hi ha una general acceptació que l'augment de l'emissió dels gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera és una de les causes principals del canvi climàtic, i que aquest canvi pot tenir un impacte econòmic elevat, doncs s'han de prendre mesures dràstiques per frenar-ho, encara que interessos de governs i entitats privades no sempre ho fan possible. Es creu que el CO₂ (diòxid de carboni) és el principal culpable de l'efecte hivernacle (entre el 55% i el 85% de l'impacte total), essent els combustibles fòssils els principals causants del seu efecte.

Els líders dels governs integrants del Consell Europeu han decidit situar a la Unió Europea al capdavant de la lluita contra el canvi climàtic, fixant per al 2020 un objectiu de reducció de les emissions del 20% respecte a les de 1990, el qual podria ser ampliat fins al 30% en funció de les accions d'altres països. A més a més, s'ha fixat l'objectiu d'incrementar la quota de les energies renovables des del 7% fins al 20% al 2020.

Espanya a l'igual que la resta de països de la unió europea, ha assumit aquest compromís de reducció de gasos d'efecte hivernacle. Aquest compromís, concretat a les directives europees 96/61/CE i 2003/87/CE ha estat adoptat per la Administració espanyola en el Real Decret 5/2004 i modificat per la llei 1/2005 i desenvolupat en nombrosos Reals Decrets a posteriori. Actualment Espanya està un 34% per sobre de les emissions de gasos d'efecte hivernacle necessàries per complir amb els compromisos establerts.

Impacte ambiental de la instal·lació

La generació elèctrica amb fonts d'energia renovables no emet CO₂ durant la fase d'operació de les instal·lacions de producció. Però considerant tot el cicle de vida del kilovat-hora d'origen renovable, existeixen emissions de CO₂ en les fases de fabricació, transport o instal·lació dels equips, doncs el balanç surt positiu però sempre inferior al de la generació elèctrica amb fonts convencionals.

L'impacte ambiental es produeix en les operacions d'extracció de les matèries primeres, ja que la majoria de bateries, reguladors... tenen incorporades parts realitzades a partir de minerals l'extracció dels quals es fa en condicions on es requereix energia que sí que prové de fonts convencionals que emeten CO₂, fins que aconsegueixen condicionar el material per a l'ús final.

Durant la fase d'utilització, l'impacte ambiental és pràcticament nul, i durant la fase d'eliminació, després de la vida útil, poden establir-se diferents vies de reutilització o retirada, encara que fins al moment degut al poc volum que hi ha, està poc estudiat.

Pel que refereix a l'energia consumida durant la fase de fabricació dels mòduls, podem garantir que a aquests, durant el període de funcionament, tarden entre 1 i 2 anys a retornar l'energia amb la qual han estat fabricats, el qual representa una dada en anys inferior a la

vida útil d'aquests mòduls, que es preveu de 8 a 12 anys.

15.1.Impacte ambiental durant el funcionament.

L'impacte visual és un dels pocs inconvenients que té aquest sistema de generació per pedaleig, i en el cas que s'estudia, aquest impacte pot arribar a ser notable doncs els mòduls que s'utilitzen no es poden camuflar degut a la seva mida.

El que sí és viable, però, és dimensionar unes caixes que serveixin per a guardar els mòduls de funcionament de tal manera que no estiguin tant a la vista. Aquesta opció s'hauria de valorar perquè repercutiria en el pressupost del projecte.

L'impacte acústic també és un punt a comentar, i podria ser produït exclusivament per l'inversor. Encara que ja de per sí, el soroll emès és molt petit, en el nostre cas el considerarem nul degut a que una classe d'spinning es caracteritza per tenir el volum de la música molt fort.

D'altres aspectes, com per exemple les emissions o els residus, el sistema n'està exempt durant el seu funcionament.

16. Normativa

Legislació aplicable

Les lleis i normatives en les quals es basa aquest projecte són les següents:

- Instal·lació elèctrica:

Llei 54/1997 de 27 de novembre del Sector Elèctric (BOE no 285 de 1977.11.28)

Reial Decret 842/2002 de 2 d'agost pel qual s'aprova el Reglament Electrotècnic de baixa tensió.

Reial Decret 661/2007, de 25 de maig, pel qual es regula l'activitat de producció d'energia elèctrica en règim especial (BOE no 126, de 26/05/2007).

Plec de condicions tècniques per a instal·lacions aïllades publicat per l'IDAE.

- Seguretat i salut:

Llei 31/1995, de 8 de novembre, de prevenció de riscos laborals.

Reial Decret 1627/97 del 24 d'octubre de 1997 pel qual s'estableixen les Disposicions Mínimes de Seguretat i Salut en les Obres de Construcció.

- Ordenances municipals.

R.D. 485/97 del 14 d'abril; Disposicions mínimes en matèria de senyalització de seguretat i salut en el treball.

R.D. 1407/1992 modificat pel R.D. 159/1995, sobre condicions per a la comercialització i lliure circulació intracomunitària dels equips de protecció individual-EPI.

R.D. 773/1997 del 30 de maig, sobre disposicions mínimes de seguretat i salut relatives a la utilització per treballadors d'equips de protecció individual.

R.D. 1215/1997. Disposicions mínimes de seguretat i salut per a la utilització pels treballadors dels equips de treball.

R.D. 1435/1992 modificat per R.D. 56/1995, dicten les disposicions d'aplicació de la Directiva del Consell 89/392 / CEE, relativa a l'aproximació de les legislacions dels Estats membres sobre les màquines.

R.D. 1495/1986, modificada per R.D. 830/1991, aprova el Reglament de Seguretat en les màquines.

R.D. 1316/1989, del M^o de Relacions amb les Corts i de la Secretaria del Govern. 1989.10.27 Protecció dels treballadors davant els riscos derivats de l'exposició al soroll durant el treball.

R.D. 245/1989 del Ministeri d'Indústria i Energia. 27 / 02 / 1989 . Determinació de la potència acústica admissible de determinat material i maquinària d'obra.

Ordre del Ministeri d'Indústria i Energia. 17/11/1989 . Modificació del R.D. 245/1989, 1989.02.27 .

Ordre del Ministeri d'Indústria , Comerç i Turisme. 1991.07.18 . Modificació de l' Annex I del Reial decret 245/1989, 1989.02.27 .

R.D. 71/1992, del Ministeri d'Indústria, 1992.01.31 . S'amplia l'àmbit d'aplicació del Reial Decret 245/1989, 1989.02.27 i s'estableixen noves especificacions tècniques de determinats materials i maquinària d'obra.

Ordre del Ministeri d'Indústria i Energia. 29/03/1996 . Modificació de l' Annex I del Reial Decret 245/1989 .

R.D. 487/1997 . Disposicions mínimes de seguretat i salut relatives a la manipulació manual de càrregues que comportin riscos per als treballadors.

17. Plec de condicions

17.1.Objecte i generalitats

L'objectiu d'aquest document, és indicar les característiques que ha de complir la instal·lació a fi de complir amb la seguretat que es requereix. A més a més, pretén servir de guia a l'empresa instal·ladora i fabricants, descrivint les especificacions mínimes que ha de complir aquesta instal·lació per assegurar una certa qualitat, en benefici de l'usuari.

L'àmbit de l'aplicació del plec de condicions està dirigit a la instal·lació, a tots els sistemes mecànics, elèctrics i electrònics que formen part del recinte.

En determinades situacions es poden prendre, per la pròpia naturalesa de cada situació diferents solucions a les esmentades en aquest plec de condicions tècniques, sempre que quedi justificada la seva necessitat i que no impliqui una disminució de les exigències mínimes de qualitat.

Aquest plec de condicions tècniques, està associat a les línies d'ajut per a la promoció de l'energia elèctrica en l'àmbit del pla d'energies renovables.

Aquest document ha de garantir el següent:

- Assegura la continuïtat del subministrament.
- La qualitat i durabilitat de la instal·lació.
- La instal·lació sigui segura per als usuaris.
- Que compleixi la normativa vigent en l'àmbit de les energies renovables.
- Promoció de les energies renovables com a font d'energia alternativa.

17.2.Responsabilitats

Durant l'execució de l'obra, el responsable de la instal·lació serà la persona designada per l'empresa instal·ladora.

No tindrà dret a la indemnització pel major preu que poguessin costar els materials ni per fallada en el pressupost presentat al client.

El coordinador de seguretat i salut designat per l'empresa encarregada de la instal·lació serà el responsable directe de tots els accidents que puguin ocórrer durant l'execució de l'obra, ja que la seva funció principal és que es compleixin les normes de seguretat i salut.

17.3.Componentes i materials

17.3.1. Generalitats

Totes les instal·lacions han de complir amb les exigències de proteccions i seguretat de les persones, i entre elles les disposades en el Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió i la legislació aplicable.

Com a principi general, s'ha d'assegurar, com a mínim, un grau d'aïllament elèctric de tipus bàsic per equips i materials.

S'inclouran tots els elements necessaris de seguretat per protegir les persones davant de contactes directes i indirectes.

Es recomana la utilització d'equips i materials d'aïllament elèctric de classe II .

S'inclouran totes les proteccions necessàries per protegir la instal·lació enfront de curtcircuits, sobrecàrregues i sobretensions.

Tots els equips exposats a la intempèrie tindran un grau mínim de protecció IP65, i els d'interior, IP20.

Els equips electrònics de la instal·lació compliran amb les directives comunitàries de Seguretat Elèctrica i Compatibilitat Electromagnètica.

Per motius de seguretat i operació dels equips, els indicadors, etiquetes, etc... dels mateixos estaran en castellà.

17.3.2. Reguladors de càrrega

Les bateries es protegiran contra les sobrecàrregues i descàrregues. En general, aquestes proteccions es faran a través del regulador de càrrega, encara que aquestes funcions podran incorporar-se en altres equips sempre que s'asseguri una protecció equivalent. Els reguladors de càrrega que utilitzin la tensió de l'acumulador com a referència per a la regulació hauran de complir els requisits següents:

- La tensió de desconexió de la càrrega de consum del regulador haurà de ser escollida per tal que la interrupció del subministrament d'electricitat a les càrregues es produeixi quan l'acumulador hagi assolit la profunditat màxima de descàrrega permesa. La precisió en les tensions de tall efectives pel que fa als valors fixats en el regulador serà de l'1%.
- La tensió final de càrrega ha d'assegurar la correcta càrrega de la bateria.
- Es permetrà l'ús d'altres reguladors que utilitzin diferents estratègies de regulació atenent a paràmetres com ara l'estat de càrrega de l'acumulador. En qualsevol cas, haurà d'assegurar una protecció de l'acumulador contra sobrecàrregues i descàrregues. Els reguladors de càrrega han d'estar protegits enfront de curtcircuits de la línia de consum. El regulador de càrrega es seleccionarà perquè sigui capaç de resistir sense dany una sobrecàrrega simultània, a la temperatura ambient màxima de 30 graus (temperatura màxima que s'assoleix a la classe d'spinning).

El regulador de càrrega hauria d'estar protegit contra la possibilitat de desconexió accidental de l'acumulador, amb el generador operant en les CEM i amb qualsevol càrrega. En aquestes condicions, el regulador hauria d'assegurar, a més de la seva pròpia protecció, la de les càrregues connectades.

Les caigudes internes de tensió del regulador entre els seus terminals de generador i acumulador seran inferiors al 4% de la tensió nominal, per a sistemes de menys de 1 kW i el 2% de la tensió nominal per a sistemes majors de 1 kW, incloent els terminals. Aquests valors s'especifiquen per a les següents condicions: corrent nul en la línia de consum i corrent en la línia generador-acumulador igual al corrent màxima especificada pel regulador. Si les caigudes de tensió són superiors es justificarà en la memòria. Les caigudes internes de tensió del regulador entre els seus terminals de bateria i consum seran inferiors al 4% de la tensió nominal, per a sistemes de menys de 1 kW, i del 2% de la tensió nominal per a sistemes majors de 1 kW, incloent els terminals.

Aquests valors s'especifiquen per a les següents condicions: corrent nul en la línia de generador i corrent en la línia acumulador-consum igual al corrent màxima especificada pel regulador.

Les pèrdues d'energia diàries causades per l'autoconsum del regulador en condicions normals d'operació han de ser inferiors al 3% del consum diari d'energia. Les tensions de reconexió de sobrecàrrega seran diferents de les desconnexions, o bé estaran temporitzades per evitar oscil·lacions desconexió-reconexió. El regulador de càrrega haurà d'estar etiquetat amb almenys la següent informació:

- Tensió nominal.
- Corrent màxima.
- Fabricant i número de sèrie.
- Polaritat i connexions.

17.3.3. Cablejat

Tot el cablejat complirà amb el que estableix la legislació vigent. Els conductors necessaris tindran una secció adequada per reduir les caigudes de tensió i els escalfaments. Concretament, per a qualsevol condició de treball, els conductors hauran de tenir la secció suficient perquè la caiguda de tensió sigui inferior, incloent qualsevol terminal intermedi, al 1.5 % a la tensió nominal continua del sistema. S'inclourà tota la longitud de cables necessària per a cada aplicació concreta, evitant esforços sobre els elements de la instal·lació i sobre els propis cables. Els positius i negatius de la part de contínua de la instal·lació es conduiran separats, protegits i senyalitzats d'acord amb la normativa vigent. Els cables d'exterior, si se'n requereix de la seva instal·lació, estaran protegits contra la intempèrie.

17.3.4. Canalitzacions o tubs protectors

Els tubs protectors utilitzats en la instal·lació interior de l'habitatge, seran flexibles normals, que es puguin corbar amb les mans (tub PVC anellat), el qual ha de resistir una temperatura mínima de 60 C. Fins a 5 conductors de secció 1.5mm² es poden allotjar en un tub de 16 mm de diàmetre exterior. Fins a 5 conductors de secció 2.5mm² es poden allotjar en un tub de 16 mm de diàmetre exterior. Fins a 3 conductors de secció 4mm² es poden allotjar en un tub de 16 mm de diàmetre exterior. A partir de 3 conductors de 4mm² de secció s'utilitzaran tubs de 20mm de diàmetre exterior.

Fins a 2 conductors de secció 6mm² es poden allotjar en un tub de 16 mm de diàmetre exterior. Per a més de 5 conductors per tub o per a conductors de seccions diferents a instal·lar pel mateix tub, la secció exterior d'aquest serà com a mínim, igual a tres vegades la secció total ocupada pels conductors.

Conclusions

El treball realitzat ha tingut des d'un primer moment, l'objectiu de realitzar una proposta d'instal·lació d'un sistema alternatiu de generació d'energia, abordant la possibilitat d'aportar una solució a un problema real que es viu avui dia, però que tot i que no se li dóna prou importància, és present a la vida diària i afecta a tot el planeta. Parlem de l'esgotament de les fonts d'energia convencionals.

La recerca no només ha d'apuntat a generar noves fonts, sinó també a que aquestes no siguin culpables del fort impacte ecològic que provoquen les actuals formes de generació. En primer lloc cal comentar que el resultat energètic obtingut a partir de la implantació del sistema és valuós en termes de desenvolupament de noves estratègies mediambientals, doncs s'ha reduït el consum lumínic en un 100% a partir del pedaleig dels socis del gimnàs. No només això, sinó que a més a més el sistema és capaç d'emmagatzemar energia per subministrar llum al gimnàs durant 1 dia i mig. Això, sumat a que és una forma neta de producció de energia, fàcil d'instal·lar, i amb un retorn de la inversió prou curt, el converteix en un projecte ambiciós però a l'hora atractiu, que permet gaudir d'un estalvi econòmic mentre es genera energia de forma saludable i gratuïta.

A més a més d'un resultat econòmic positiu, resulta viable el disseny proposat. El sistema, que permet aprofitar l'energia provinent d'una font d'energia renovable com és l'energia cinètica, està constituït per diferents mòduls elèctrics, que són accessibles tant a nivell de mercat com a nivell econòmic per a una gran cadena de gimnasos com és el DIR.

També cal destacar que l'energia és generada durant l'activitat física que desenvolupen els usuaris, un fet que permet fer sentir a la persona que forma part d'un entorn renovable i sostenible.

El resultat econòmic és força encoratjador, doncs amb un període de retorn de 2 anys es recupera la inversió. Tant és així, que al tercer any es preveuen uns beneficis d'aproximadament 11.000,00€ per el gimnàs DIR CLARIS. Amb aquestes xifres sobre la taula, és inevitable pensar en tota la cadena de gimnasos repartits per Catalunya, que ascendeix fins a la xifra total de 17.

Per tant, considerant que la resta de gimnasos s'assimilen a les característiques del que s'ha estudiat, l'estalvi econòmic que es planteja passa a tenir un valor significatiu.

Un estalvi global d'aproximadament 187.000,00€ al tercer any suposa un benefici per la cadena equivalent a 312 persones apuntades amb una quota estàndard de 50€ mensuals. No només això, sinó que l'equivalent es pot equiparar a 312 nous socis apuntats, any rere any.

A més a més de l'elevada rendibilitat econòmica, el projecte resulta també atractiu en termes de política social, cultural i d'imatge d'empresa compromesa amb el medi ambient.

La publicitat encarregada de promoure un tipus de gimnàs "verd" és un avantatge afegit per tal de captar més clientela, i d'aquesta manera seguir creixent, donant a conèixer indispensablement el sistema allà on es vagi.

D'aquesta manera es pot encarar el projecte de cara a la conscienciació amb el medi ambient, oferint la possibilitat a diferents grups de persones per pedalar durant períodes perllongats a canvi de certs beneficis, o simplement fer-los partícips de la generació d'energia amb finalitats pràctiques.

Es pot resumir, a manera de conclusió final, que el projecte resulta rentable des del punt de vista econòmic, i d'aquesta manera pot oferir-se a les empreses com una forma d'estalvi. Afegit al que s'acaba de comentar, el sistema disposa d'un alt potencial des del punt de vista social i cultural gràcies a la seva perfecta factibilitat tècnica i la seva fàcil adaptabilitat als sistemes instal·lats, i doncs resulta una alternativa eficaç i trencadora que pot arribar a revolucionar la manera d'entendre l'exercici físic a sobre d'una bicicleta, que si bé procura per la pròpia salut, també contribueix a millorar la salut mediambiental del planeta.

Agraïments

En primer lloc, agrair al meu director del projecte JORDI GARCIA per l'ajut immediat que m'ha brindat sempre que ha estat necessari, i que sense ell el treball no hagués tingut el mateix desenvolupament.

També agraeixo l'esforç desinteressat d'en Felipe, propietari d'ELECTROMOTOR, ja que ha estat una peça clau en la tria del sistema de generació, oferint-me el seu taller per a la realització de proves diverses.

A Lluís Bullich, antic professor de batxillerat, amb el qui he pogut discutir diferents aspectes del projecte, i m'ha donat altres punts de vista per tal d'enfocar les idees des de punts més interessants.

Per últim, vull adreçar el meu agraïment a l'ETSEIB i al conjunt de persones relacionades amb els serveis docents, doncs sempre que he demanat ajuda per algun tema en concret me la han donat, fent doncs el treball més fàcil i agradable.

Bibliografia

- Edmund R. BURKE. 2003. High-tech Cycling. 2ª edició.
- David J. SANDERSON; Ewald M. HENNIG; Alec H. BLACK. 2000. The influence of cadence and power output on force application and in-shoe pressure distribution during cycling by competitive and recreational cyclists en: Journal of Sports Sciences, Vol. 18, pàg. 173-181.
- “Diseño de un sistema de generación de energía eléctrica a partir de bicicletas estáticas” Karl Von Drais y Thomas McCal
- Kazazia , Arjen Jansen “Eco-design and human-powered products” O2 France, PES research group, Delft University of Technology

Web grafia

- Pàgina web Endesa educa
 - http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/conceptosbasicos/v.-funcionamiento-basico-de-generadores
- Pàgines web sobre facturació d'energia
 - <http://facua.org/es/documentos/evoluciontarifaselectricas1993-2013.pdf>
 - <https://www.iberdrola.es/clientes/empresas/info/suministros-baja-tension>
 - <http://solartradex.com/blog/inyeccion-0-el-nuevo-credo-del-utoconsumosolar/>
- Pàgines web sobre mòduls elèctrics
 - <https://www.autosolar.es/>